

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки Приборостроение  
Профиль Системы ориентации, стабилизации и навигации  
Кафедра точного приборостроения

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Стационарная автоматизированная станция мониторинга несущих конструкций высотных зданий</b>

УДК 681.2-5:539.61:531.383:681.586.7:69.057

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4В	Выонг Суан Чьен		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков А. Н.	К. Т. Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чистякова Н. О.	К. Э. Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю. В.	К. Т. Н.		

По разделу «Вопросы технологии»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков А. Н.	К. Т. Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Точное приборостроение	Бориков Валерий Николаевич	Д. Т. Н.,		

Томск – 2016 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	<b>Способность</b> совершенствовать и повышать свои специальные знания в области математических, физических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире;
P2	<b>Способность</b> адаптироваться к новым ситуациям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности в понимании сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения задач современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области.
P3	<b>Способность</b> использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом; эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей; в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P4	<b>Способность</b> к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности; разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты инженерной деятельности в областях контроля деформации измерительной техники и точного приборостроения; приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности умения непосредственно не связанных со сферой деятельности.
P5	<b>Умение</b> использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в инженерной деятельности при разработке средств измерения и контроля, используя макеты и средства автоматизированного проектирования в приборостроении.
P6	<b>Умение</b> профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы в соответствии с целями магистерской программы, организовывать технологическую подготовку производства приборных систем различного назначения и принципа действия, разрабатывать и внедрять новые технологические процессы с использованием гибких САПР и оценивать их экономическую эффективность и социальную ответственность.
P7	<b>Способность</b> проектировать приборные системы и технологические процессы с использованием средств САПР и опыта разработки конкурентоспособных изделий; осуществлять проектную деятельность в профессиональной сфере на основе системного подхода.
P8	<b>Умение</b> разрабатывать результаты исследований по анализу; способность разработать и проводить оптимизацию натурных экспериментальных исследований приборных систем с учётом критериев надёжности; использовать результаты научно-исследовательской деятельности.
P9	<b>Умение</b> организовывать современное обеспечение технологических процессов производства приборных систем; решать экономические и организационные задачи технологической подготовки приборных систем и выбирать системы

	обеспечения экологической безопасности в производстве и при технологическом контроле.
P10	<b>Способность</b> проектировать математические модели анализа и оптимизации объектов исследования, выбирать численные методы их моделирования или разработать новый алгоритм решения задачи; выбирать оптимальные методы и программы экспериментальных исследований и испытаний, проводить измерения с выбором современных технических средств и обработкой результатов измерений.
P11	<b>Способность</b> формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных и патентных и других источников; разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию на объекты приборостроения, а также осуществлять системные мероприятия по реализации разработанных проектов и программ; составлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам исследовательской деятельности

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего Контроля  
Направление подготовки Приборостроение  
Профиль Системы ориентации, стабилизации и навигации  
Кафедра Точного приборостроения

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ Бори́ков В. Н.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4В	Выонг Суан Чьен

Тема работы:

Стационарная автоматизированная станция мониторинга несущих конструкций высотных зданий	
Утверждена приказом директора	№ 642/с от 03.02.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2016 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<p>Объектом исследования является система мониторинга несущих конструкций зданий и сооружений.</p> <p>Цель исследования – разработка и исследование автоматизированной системы мониторинга для контроля наклона, деформации, вибрации несущих конструкций зданий и температуры.</p> <p>Ожидаемые результаты: экспериментальная проверка работоспособности стационарной автоматизированной станции мониторинга с уменьшением погрешности измерения.</p>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проблемы качества строительства и эксплуатации высотных зданий и сооружений;             <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Влияние качества конструкций зданий и сооружений в процессе строительства и эксплуатации на их надежность;</li> <li>1.2. Обзор станций и систем мониторинга определения параметров пространственных характеристик, вибрации и напряженно-деформированного состояния высотных зданий и сооружений;</li> </ol> </li> <li>2. Выбор элементов и методов исследования             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Контроль измерения пространственных характеристик объекта и структурной целостности конструкции;</li> <li>2.2. Мониторинг напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов зданий и сооружений;</li> </ol> </li> </ol>

	3. Алгоритм обработки сигналов с датчиков системы мониторинга конструкций зданий и сооружений; 3.1. Разработка алгоритма для измерения пространственных характеристик объекта; 3.2. Система измерения вибраций и температуры; 3.3. Макетный образец системы контроля деформаций элементов конструкций зданий и сооружений; 3.4. Система проверки уровня деформаций балки; 4. Экспериментальная проверка системы мониторинга; 5. Погрешность измерения
<b>Перечень графического материала</b>	ФЮРА.402132.001.ЭЗ – Схема электрическая принципиальная ФЮРА.402132.001.СП.01 – Перечень элементов схемы электрической принципиальной; ФЮРА.301140.002.002 – Корпус; ФЮРА.301212.002.002 – Крышка; ФЮРА.402132.001.ВО – СМНКЗ; ФЮРА.402132.001.СП.02 – Спецификация элементов деталей. Презентация PowerPoint
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Чистякова Наталья Олеговна, к.э.н., доцент
Социальная ответственность	Анищенко Юлия Владимировна, к.т.н., доцент
Технология	Гормаков Анатолий Николаевич, к.т.н., доцент
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков А.Н.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4В	Выонг Суан Чьен		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «КОНСТРУИРОВАНИЕ И ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ»

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4В	Выон Суан Чьен

Институт	ИНК	Кафедра	Точное приборостроение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

### Исходные данные к разделу «Вопрос конструирования и технологии»:

1. Объекта разработки и области его применения	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Объектом исследования является конструирование блока чувствительных элементов (БЧЭ).</li> <li>- Область применения: в высотных зданиях для защиты элементов в блоке.</li> </ul>
--	--

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка технических характеристик спроектированной станции и сопоставление с требованиями технического задания;
2. Разработка конструкции БЧЭ;
3. Выбор системы сбора и передачи данных с датчиков на компьютер станции (радиоканал, проводная связь, другие);
4. Расчет надежности БЧЭ;
5. Оценка технологичности БЧЭ;
6. Анализ частоты.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков А. Н.	К. Т. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4В	Выон Суан Чьен		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4В	Выонг Суан Чьен

Институт	ИНК	Кафедра	Точное приборостроение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет бюджета научно-исследовательской работы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение анализ: Потенциальные потребители результатов исследования, конкурентные технические решения с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, FAST -анализ, определение возможных альтернатив проведения НИИ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения НИИ, бюджет НИИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального показателя ресурсоэффективности, интегрального показателя эффективности и сравнительной эффективности вариантов исполнения.

## Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

## Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Чистякова Н. О.	К.Э.Н.		

## Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4В	Выонг Суан Чьен		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4В	Выон Суан Чьен

Институт	ИНК	Кафедра	Точное приборостроение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	-Объектом исследования является система мониторинга конструкций напряженно-деформаций строительных зданий и сооружений. В данной работе создан макетный прибор, который измеряет технические параметры состояния зданий. - Область применения: В высотных зданиях и сооружениях.
--	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации с системой мониторинга конструкций: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отклонение параметров микроклимата;</li> <li>• Повышение уровня шума;</li> <li>• Повышение уровня электромагнитного поля.</li> </ul> 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации с системой мониторинга конструкций: <ul style="list-style-type: none"> <li>• механические опасности;</li> <li>• термические опасности;</li> <li>• Электрический ток.</li> </ul>
2. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• воздействия на атмосферу (выбросы)</li> <li>• воздействия на литосферу (отходы).</li> </ul>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<ul style="list-style-type: none"> <li>• землетрясение;</li> <li>• возможность возникновения пожара, взрыв;</li> </ul>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Место в положении сидя и стоя должно соответствовать требованиям: - ГОСТ 12.2.032-78; - ГОСТ 12.2.033-78; - ГОСТ 22269-76 .

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю. В.	К. Т. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4В	Выон Суан Чьен		



**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля  
 Направление подготовки Приборостроение  
 Профиль Системы ориентации, стабилизации и навигации  
 Кафедра точного приборостроения  
 Уровень образования магистратура  
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

06.06.2016 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.05.2016 г.	Разработка чертежей общего вида системы мониторинга. Разработка системы автоматизированного мониторинга несущих конструкций зданий и сооружений	25
10.05.2016 г.	Монтаж системы мониторинга и экспериментальные исследования	25
15.05.2016 г.	Раздел «Социальная ответственность»	15
22.05.2016 г.	Раздел «Конструирование и вопросы технологии»	15
1.06.2016 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
06.06.2016 г.	Оформление ВКР и представление работы рецензенту	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПС	Гормаков А. Н.	к. т. н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПС	Бориков В. Н.	д. т. н.		

## РЕФЕРАТ

Квалификационная работа содержит: 124 страницы, 62 рисунка, 37 таблиц, 79 формул, 53 литературных источника и 5 приложений.

Ключевые слова: Система мониторинга элементов конструкций, автоматизированная станция, контроль параметров напряженно-деформированного состояния зданий и сооружений, наклон здания.

Объектом исследования является стационарная автоматизированная станция мониторинга несущих конструкций высотных зданий.

Цель работы - Станция предназначена для сбора информации с датчиков, установленных на несущих конструкциях высотных зданий с целью мониторинга технического состояния и предупреждения об опасности разрушения.

В процессе исследования проводился обзор существующих методов экспериментального определения угла наклона и напряженно-деформации зданий и сооружений, выбраны элементы и метод обработки сигнала датчика MEMS, обеспечивающий наивысшую точность из всех экспериментальных методов, разработана компьютерная система измерений, собран экспериментальный образец мониторинга и проведены эксперименты, оценена погрешность измерений.

В результате исследования разработан оптимальный алгоритм компьютерной измерительной системы, технические задания удовлетворяются требованиям задания.

Степень внедрения: изготовлен действующий экспериментальный образец системы мониторинга, проведены отладочные работы, выполнены пробные измерения и метод уменьшения погрешности измерений.

Область применения: в высотных зданиях и сооружениях.

Экономическая эффективность/значимость работы

В результате технико-экономического анализа с вариантами установки выбран наиболее экономически эффективный вариант.

В будущем планируется изготовление стационарной автоматизированной станций мониторинга по разработанной в данной ВКР конструкторской документации, доработка конструкции и программного обеспечения с целью улучшения эксплуатационных характеристик, организация производства и выпуск пробной партии систем для исследования рынка сбыта.

## Определение, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

**Микроэлектромеханические системы** - устройства микросистемой техники, выполненные по технологии объёмной микромеханики, сформированные путём локального вытравливания подложки, легирования, нанесения на неё материала и т. д. Размеры МЭМС лежат в диапазоне от 1 микрона до нескольких миллиметров, в зависимости от мощности, области применения, наличия встроенных схем обработки и количества элементов.

**Датчик изгиба** - сопротивление датчика изменяется в зависимости от силы изгиба: чем больше изгиб, тем сильнее сопротивление.

**Тензорезисторы** - основана на свойстве материалов изменять свое электрическое сопротивление при механических деформациях, возникающих под действием приложенной силы. Величина тензоэффекта проводников определяется в основном изменением геометрических размеров резистора (провода, пленки), а полупроводников - удельного сопротивления вследствие изменения эффективной массы и подвижности носителей тока.

**Arduino** - это инструмент для проектирования электронных устройств (электронный конструктор) более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой, чем стандартные персональные компьютеры, которые фактически не выходят за рамки виртуальности.

**LabVIEW** - это один из основных продуктов компании National Instruments. Прежде всего надо отметить, что LabVIEW — это аббревиатура, которая расшифровывается как Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench. Уже в названии прослеживается ориентация на лабораторные исследования, измерения и сбор данных.

**Магнитометр** - прибор, который используют геологи для измерения и (иногда) определения направления магнитного поля Земли в определенной точке пространства. Порой их называют гауссметрами или тесламетрами, так как магнитное поле измеряется в единицах гауссах или тесла.

**Акселерометр** - прибор, измеряющий проекцию кажущегося ускорения (разности между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением).

**Гироскоп** - устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации тела, на котором оно установлено, относительно инерциальной системы отсчета.

**Система ВМСИС** - обеспечивает непрерывный контроль смещений и колебаний элементов конструкции мостов, плотин, башен и других инженерных сооружений.

**АККЕ** - системой для мониторинга состояния строительных конструкций, зданий и сооружений, включая отдельные особо важные узлы и элементы, в процессе строительства и эксплуатации.

**Интроскан** - это компьютеризированный анализатор напряжений и структуры ферромагнитных материалов на основе использования магнитошумового эффекта Баркгаузена.

**БЧЭ** - блок чувствительных элементов.

**МЭМС** - микроэлектромеханические системы.

**ИСО** - инерциальная система ориентации.

**ВМСИС** - высокоточный мониторинг смещений инженерных сооружений.

**НУ** - начальное условие.

## **Содержание**

<b>Введение</b> .....	19
<b>ГЛАВА 1. ПРОБЛЕМЫ КОЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖДЕНИЙ</b> .....	21
1.1. Влияние качества конструкций зданий и сооружений в процессе строительства и эксплуатации на их надёжность .....	21
1.2. Обзор станций и систем мониторинга определения параметров пространственных характеристик, вибрации и напряженно- деформированного состояния высотных зданий и сооружений.....	25
1.2.1. Система мониторинга определения пространственных параметров и вибраций объекта.....	26
1.2.2. Мониторинг напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов.....	28
<b>ГЛАВА 2. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ</b>	30
2.1. Контроль измерения пространственных характеристик объекта и структурной целостности конструкции.....	31
2.1.1. Выбор чувствительных элементов, преобразователей и компьютера для обеспечения мониторинга зданий в соответствии с техническим заданием .....	31
2.1.2. Схема подключения модуля GY-521 к контроллеру ArduinoUno R336	
2.2. Мониторинг напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов зданий и сооружений.....	37
2.2.1. Система контроля изгиба балки.....	37
2.2.2. Система контроля деформаций балки .....	38
<b>ГЛАВА 3. АЛГОРИЗМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДАТЧИКОВ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖДЕНИЙ</b> .....	40

3.1. Разработка алгоритма для измерения пространственных характеристик объекта.....	40
3.1.1. Определение угла наклона с помощью акселерометра.....	40
3.1.2. Гироскопический измеритель угловых скоростей по осям трехгранника.....	42
3.1.3. Фильтрация.....	45
3.1.4. Использование магнитометра.....	48
3.2. Система измерения вибраций и температуры.....	51
3.2.1. Вибрация.....	51
3.2.2. Температура.....	53
3.2.3. Экран показаний датчиков угла наклона, вибрации и температуры.....	54
3.3. Макетный образец системы контроля деформаций элементов конструкций зданий и сооружений.....	54
3.3.1. Анализ алгоритма измерений деформаций изгиба балки.....	54
3.3.2. Экран показаний тензодатчика.....	55
3.4. Система проверки стрелы прогиба балки.....	56
3.4.1. Анализ алгоритма измерений деформаций уровня балки.....	56
3.4.2. Экран показаний тензорезистора.....	57
<b>ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА СИСТЕМЫ.....</b>	<b>58</b>
4.1. Результаты измерения пространственных характеристик объекта, вибрации и температуры.....	58
4.2. Результаты контроля деформаций макета консольной балки из стеклотекстолита.....	63
4.3. Результаты проверки уровня деформаций.....	64

<b>ГЛАВА 5. ОЦЕНКА И МЕТОД УМЕНЬШЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ</b>	66
5.1. Типы ошибок МЭМС	66
5.2. Метод уменьшения погрешности МЭМС	67
5.2.1. Метод уменьшения модуля MPU- 6050	67
5.2.2. Метод уменьшения смещения нуля и шума модуля HMC5883L	69
<b>ГЛАВА 6. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ</b>	72
6.1. Оценка технических характеристик спроектированной станции и сопоставление с требованиями ТЗ	72
6.2. Разработка конструкции БЧЭ	72
6.3. Выбор системы сбора и передачи данных с датчиков на компьютер станции (радиоканал, проводная связь, другие)	75
6.4. Расчет надежности БЧЭ	76
6.5. Оценка технологичности БЧЭ	78
6.6. Анализ частоты	80
<b>ГЛАВА 7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ</b>	84
7.1. Предпроектный анализ	84
7.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	84
7.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	85
7.1.3. FAST-анализ	86
7.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации	90
7.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	92
7.2. Инициация проекта	93



7.2.1. Цели и результат проекта .....	93
7.2. 2. Организационная структура проекта.....	94
7.2.3. Ограничения и допущения проекта.....	95
7.3. Планирование управления научно-техническим проектом.....	95
7.3.1. Иерархическая структура работ проекта.....	95
7.3.2. Контрольные события проекта.....	96
6.3.3. План проекта.....	96
7.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	99
7.4. Определение ресурсной (ресурсосбегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	105
<b>ГЛАВА 8. ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».....</b>	<b>107</b>
8.1. Производственная безопасность.....	107
8.2. Экологическая безопасность.....	110
8.3. Безопасность В ЧС.....	111
8.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	
<b>Заключение.....</b>	<b>116</b>
<b>Список публикаций студента .....</b>	<b>118</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>120</b>
<b>Приложения.....</b>	<b>127</b>
Приложение А .....	127
Приложение Б .....	130
Приложений В	
Графические материалы	
ФЮРА.402132.001.ЭЗ – Схема электрическая принципиальная.	

ФЮРА.402132.001.СП.01 – Перечень элементов схемы электрической принципиальной.

ФЮРА.301140.002.002 – Корпус.

ФЮРА.301212.002.002 – Крышка.

ФЮРА.402132.001. ВО – СМНКЗ.

ФЮРА.402132.001.СП.02 – Спецификация элементов деталей.

## **Введение**

К конструкциям высотных зданий и сооружений предъявляются жесткие требования по надежности и сейсмостойкости. Это связано со значительным количеством аварий, происходящих в последнее время. В данной работе проведены теоретические и экспериментальные исследования по созданию системы мониторинга напряженно-деформированного состояния зданий и сооружений, функционирующих в автоматическом режиме.

Решению задач определения деформаций и напряжений в конструкциях зданий и сооружений посвящены работы известных ученых: Г.А. Шеховцова, И.Ю. Васютинского, Ключина, Г.П. Левчука, Ю.П. Гуляева, В.Н. Ганьшина, А.А. Карлсона, Е.Б. , А.К. Зайцева, Б.Н. Жукова.

**Цель диссертационной работы:** Разработка и обоснование системы контроля технического состояния и деформационных процессов высотных зданий и сооружений, позволяющей повысить безопасность при их строительстве и эксплуатации.

**Идея работы:** заключается в создании автоматической системы контроля деформированного состояния конструкций зданий с применением технологии бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) и датчиков деформаций, включающей алгоритм обработки и сигнализации при достижении недопустимых значений контролируемых параметров.

В выпускной квалификационной работе приведено описание структурной схемы станции, выбраны чувствительные элементы, преобразователи и компьютер станции для обеспечения мониторинга высотных зданий в соответствии с техническим заданием; разработан экран показаний датчиков; выполнено макетирование элементов станции; проведена экспериментальная проверка макетного образца; оценены технические характеристики, надежность и долговечность станции; разработана конструкция модуля; выбрана система сбора и передачи данных с датчиков на компьютер станции.

**Основные задачи исследований:**

В данной системе мониторинга конструкций зданий и сооружений имеется следующие части:

1. Определение технических пространственных параметров объекта (ориентации).
2. Контроль деформаций элементов конструкций зданий и сооружений.
3. Проверка уровня деформаций балки.

## **ГЛАВА 1. ПРОБЛЕМЫ КОЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖДЕНИЙ**

### **1.1. Влияние качества конструкций зданий и сооружений в процессе строительства и эксплуатации на их надёжность**

В последние годы проблема часто озвучиваются проблемы, касающиеся безопасности не только эксплуатируемых, но и находящихся на этапе строительства зданий и сооружений. Обеспечение надежности конструкций строящихся элементов, сохранение и срок службы, сокращение затрат и способы восстановления не утрачивают своей актуальности. Финансирование этих работ оправдано прежде всего потому, что создание таких систем приводит к повышению качества и безопасности зданий и сооружений [1].

Причиной аварий зачастую становится банальное халатное отношение к объектам. Полагая, что здание не рухнет, собственники объектов выделенные средства тратят совсем на другие нужды. Часто случается, что вместо требуемого усиления здания начинается, например, возведение дополнительного этажа, что еще более усугубляет положение. В то же время и усиление проводится с нарушением предложенных специалистами технологий и применением некачественных материалов. Следует отметить, что немало аварий случается при неправильной эксплуатации сооружения, а также в процессе реконструкции или демонтажа.

Проблема аварийного разрушения зданий и сооружений актуальна не только в России, но и за ее пределами. В новостных лентах средств массовой информации постоянно присутствуют сообщения о разрушении зданий в той или иной части света, что свидетельствует об актуальности проблемы мониторинга технического состояния зданий. Базируясь на информации, собранной в новостях или интернете можно найти примеры аварий и статистических данных (табл. 1, рис. 1, 2 и 3). Следует отметить, что при рассмотрении свершившихся аварий во внимание взяты только те факты, которые были освещены в прессе [1,2].

Таблица 1 - Чрезвычайные ситуации, произошедшие на территории Российской Федерации за 2010-2015 год

Чрезвычайные ситуации по характеру и виду источников возникновения	Количество ЧС						Погибло						Пострадало					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Внезапное обрушение производственных зданий, сооружений, пород	1	2	0	0	3	0	4	4	0	0	8	0	1	7	0	0	12	0
Обрушение зданий и сооружений жилого, соц-бытового и культурного назначения	0	5	1	6	4	0	0	4	0	8	5	0	0	18	0	178	19	0
Взрывы в зданиях, на коммуникациях, технологическом оборудовании промышленных и с/х объектах	4	4	0	2	7	2	69	8	0	20	31	3	173	116	0	97	90	5
Взрывы в зданиях, сооружениях жилого и социально-бытового назначения	5	4	5	6	10	4	12	12	22	11	20	0	6	60	109	47	170	4

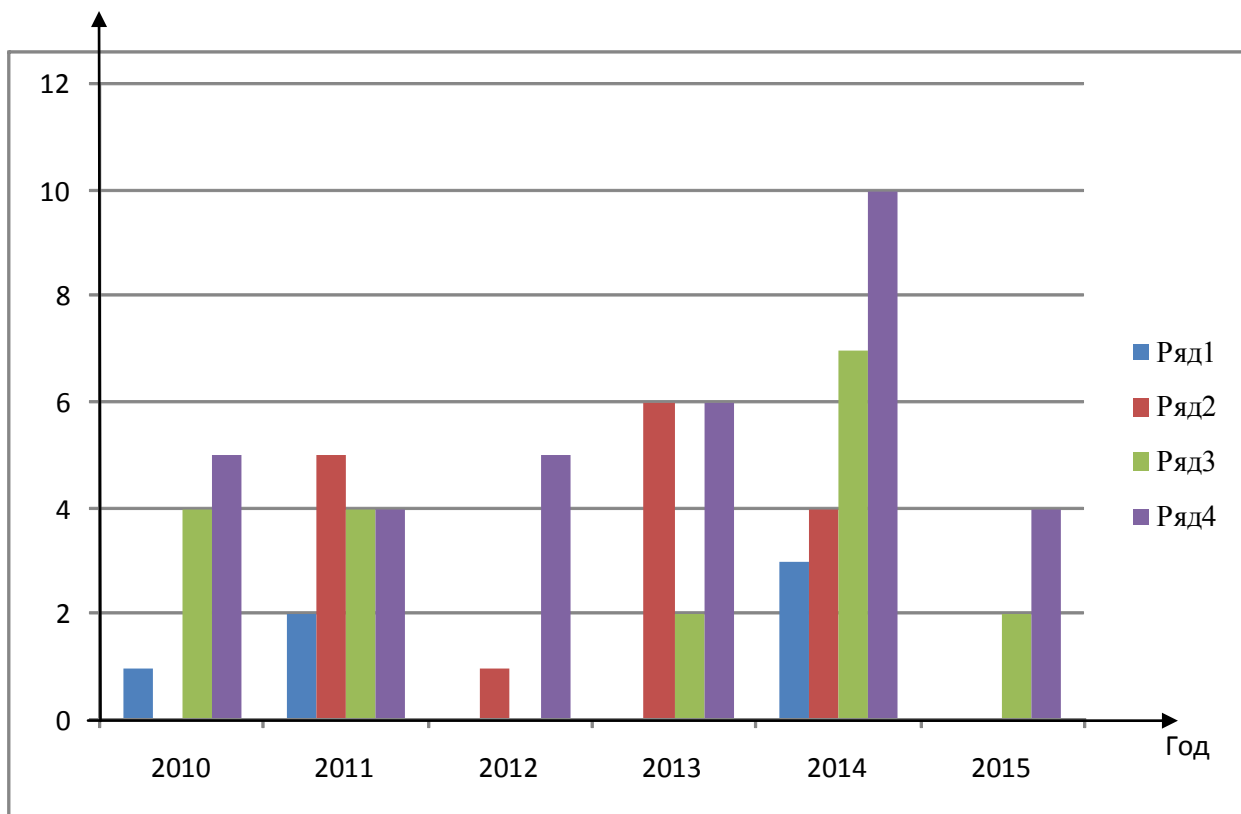


Рисунок 1- Количество ЧС за 2010-2015 год

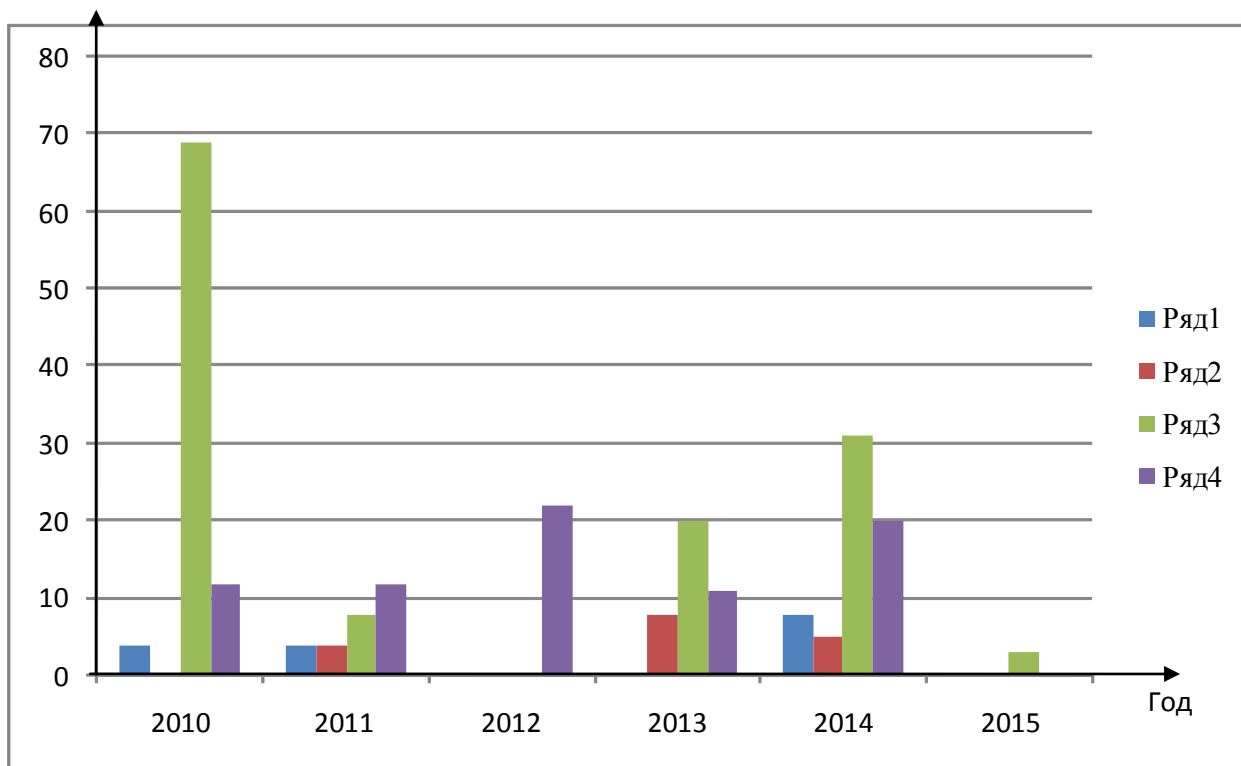


Рисунок 2 - Количество погибших за 2010-2015 год

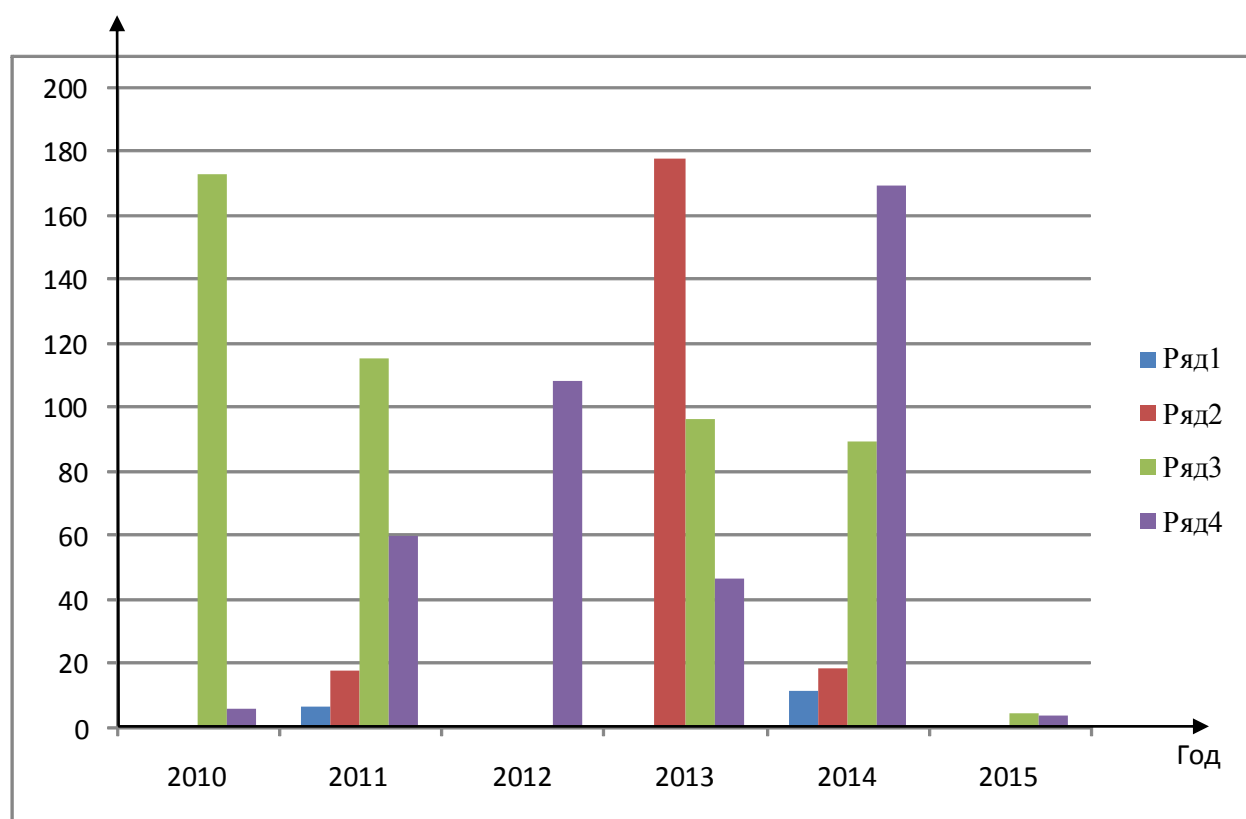


Рисунок 3- Количество пострадавших за 2010-2015 год

- Ряд 1 - Внезапное обрушение производственных зданий, сооружений, пород;
- Ряд 2 - Обрушение зданий и сооружений жилого, социально-бытового и культурного назначения;
- Ряд 3 - Взрывы в зданиях, на коммуникациях, технологическом оборудовании промышленных и с/х объектах;
- Ряд 4 - Взрывы в зданиях, сооружениях жилого и социально-бытового назначения.

Качество конструкций сооружений в последнее время ухудшается, что приводит к повышению числа аварий.

08 января 2010 год в г. Тбилиси (Грузия) произошло обрушение 8-этажного здания, в котором проходили подготовительные работы для последующего ремонта. Состав работ, проводимых в здании, не включал воздействие на нагрузку конструкции и состоял исключительно из очистки помещений от мусора (рис. 4).





Рисунок 4 - Авария в 8 - этажном здании г. Тбилиси, Грузия в 08.01.2010 г.

27 июля 2010 год после продолжительных дождей произошло обрушение 153-метрового моста в районе Луаньчуань, провинция Хэнань, Китай. На мосту было несколько десятков человек. В результате погибло 37 человек и 19 пропали без вести.

## **1.2. Обзор станций и систем мониторинга определения параметров пространственных характеристик, вибрации и напряженно-деформированного состояния высотных зданий и сооружений**

Высотное здание является уникальным сооружением и образуется единой лито-технической системой в данной геологической среде. Каждый объект соответствует архитектурным и конструктивным особенностям, находящимся в индивидуальных инженерно-геоморфологических, тектонических и геологических условиях, характерных климатах для территорий, на которых он возводится и проектируется [1].

Требование обеспечения безопасности конструкций зданий в процессе использования и эксплуатации требует постоянного контроля состояния объекта. Поэтому высотные здания должны быть оснащены постоянно действующей системой мониторинга напряженно-деформированного состояния его конструкции.

Здания и сооружения наиболее интенсивно воздействуют на грунтовые массивы. Поэтому очень важно при проектировании зданий рассчитывать величины статических нагрузок, давлений, весов и других видов разнообразных внешних нагрузок. Таким образом, контроль измерения состояния здания связан с изучением процессов в поверхности

Земли как одного из важнейших факторов стабильности конструкций объектов.

В настоящее время для реализации геотехнического и строительного мониторинга существует набор инструментов и много методик для измерения стабильности конструкций, процесса деформаций в эксплуатации объекта.

По зависимости от технических параметров сооружения контроль можно осуществлять по одному из направлений:

1. Определение изменения напряженно-деформированного конструкций состояния основных элементов зданий;
2. Определение изменения пространственных полных характеристик зданий (наклон, перемещение и положение основных элементов в пространстве);
3. Измерение информации состояния грунтового массива в окрестности здания в основании, влияющего на окружающую застройку;
4. Измерение вибрации (собственные частоты колебаний) зданий как часть характеристики состояния конструкции.

Главной целью обзора является получение всесторонней информации о полной характеристике системы мониторинга с нужными параметрами измерения, соответствующим оборудованием, применяющимся для выбора элементов выполнения создания системы обеспечения контроля технического состояния зданий.

#### **1.2.1. Система мониторинга определения пространственных параметров и вибраций объекта**

При возникновении неравномерных нарушений в поверхностных слоях земли система мониторинга наблюдает изменения пространственных характеристик объекта, а также смещения конструктивных элементов, вибраций и т.д. Для измерения этих параметров можно использовать различные методы: пространственное лазерное сканирование, акселерометры, гироскопы, GPS-технологии, наклонометры и др.

Компанией АО «Российские космические системы» создана система мониторинга деформаций конструкций зданий и сооружений [3]. Система контролирует деформацию (сжатие, растяжение и скручивание), вибрацию и смещение. Технические характеристики системы представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Технические характеристики мониторинга зданий и сооружений

Используемые навигационные системы	ГЛОНАСС/GPS
Диапазон частот	L1 (0,1-10Гц с погрешностью 1 мм)
Темп выдачи результатов измерений	20Гц
Диапазон рабочих температур	От - 40 до 50 °С
Масса модуля	Не более 1.5 кг
Напряжение питания	18-36 В
Спектральные характеристики колебаний	Частот 0,1-10 Гц с погрешностью 1 мм
Смещения по каждой пространственной оси	Погрешностью 3-5 мм (при удалении от базовой станции не более 3 км)

У этой системы имеются недостатки: высокая цена, электромагнитная совместимость влияет на систему, поэтому необходима оценка уровня электромагнитного поля.

Согласно [4, 5], автоматическая система мониторинга, разработанная в 2006 году компаний «Tieto Oskari Oy», которая контролирует нарушение геометрии, статические и динамические осадки оснований, напряженно-деформационное состояние несущих конструкций, частоту собственных колебаний сооружений, влияние климатических воздействий, температура и влажность. Технические данные системы приведены в таблице 3. Комплексные мониторинга применяет одновременно много датчиков и не регулярно имеет в рынке для строительства. Недостатком системы является большая масса и сложность подключения.

Таблица 3 -Технические характеристики АККЕ

Сенсоры	
Разрешающая способность	0,001 градуса
Частота измерения	Макс. 1 Гц
Точность измерения	не хуже +/- 0,075 град. в диапазоне температур +/- 25 °C
Тип измерения колебаний конструкции вертикальный	по двум осям для датчиков CMS-1D-C и CSM-2D-R
Рабочая температура	40....+65 °C
Контроль за напряжением питания	Для моделей CMS-1D-R и CSM-2D-R
Локальный температурный контроль	В любой конфигурации
Срок службы	8 лет
Базовая станция	
Максимальное число датчиков	100 шт./станция
Локальная сеть	интерфейсы RS232/485, GPRS
Напряжение питания	от сети 90–265 VAC или UPS

Комплексный мониторинг применяет одновременно много датчиков и не регулярно имеет в рынке для строительства. Недостатком системы является большая масса и сложность подключения.

В настоящее время разработаны автоматизированные системы мониторинга с измерением параметров, которые передаются в компьютер и позволяют проводить контроль дистанционно с высокой скоростью и точностью.

### **1.2.2. Мониторинг напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов**

К напряженно-деформированному состоянию конструкций в зданиях может быть привести множество причин: выбор материалов низкого качества, нарушение порядка проведения строительно-монтажных процессов,

неравномерные осадки зданий, дополнительные нагрузки в процессе использования и т.д.

Для измерения динамики развития напряженно-деформированного состояния в конструктивных элементах применяются акселерометры, тензометрические датчики, вибродатчики, наклонметры различных типов.

Акселерометр применяется для измерения проекций кажущегося ускорения. Чувствительным элементом является масса, закрепленная в упругом подвесе. Работа тензодатчика основана на простом принципе. При деформации конструкции (растяжения или сжатия), сразу изменяет форму (базовую длину датчика) и электрическое сопротивление тензодатчика изменяется пропорционально деформации (напряжению). Для определения виброскорости, виброускорения и виброперемещения используют вибродатчик, который является простым осциллятором. Такой датчик выдает информацию о параметрах колебаний (частоте и амплитуде) и даже о спектральных характеристиках колебательного процесса.

Согласно [6, 7], анализатор напряжений и структуры ферромагнитных

Таблица 4- Основные технические характеристики

Режимы работы прибора	Стабилизация магнитного поля и магнитного потока
Время измерения	0,1 ..10 с
Комплектация	Набор преобразователей, аксессуары, программное обеспечение, методики контроля и периодической поверки
Форма представления результатов	В абсолютных значениях контролируемого параметра, в относительных единицах
Вес прибора	5 кг
Габариты прибора, не более	318x180x105 мм
Питание	От сети 220 В / 50 Гц и от аккумулятора 12 В (потребление не более 30 Вт)

материалов ИНТРОСКАН осуществляет контроль остаточных и приложенных напряжений, поверхностной пластической деформации, оценивает напряжения в поверхностных слоях. Его технические характеристики приведены в таблице 4.

Согласно [8] ДДТ датчики деформации тензометрические измеряют деформации элементов материалов при растяжений/сжатий. Технические характеристики датчиков деформации показаны в таблице 5.

Таблица 5. Технические характеристики датчиков деформации

Измеряемая база деформации, мм	25; 50; 100
Относительная погрешность измерений, % от измеряемой величины	$\pm 1$
Уровень выходного сигнала, В*	$\pm 8$
Напряжение питания, В	$\pm 15$

Таким образом, в будущем времени автоматизированные системы мониторинга будут эффективно применяться для наблюдения измерений деформаций конструкций и сигнализировать о надвигающейся опасности.

## **ГЛАВА 2. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Идея создания и применения непрерывного мониторинга конструкций в строительных зданий и сооружений привнесена из реальных требований человеческой деятельности. В последнее время идея создания системы мониторинга технического состояния строительных сооружений с целью повышения эксплуатационной надёжности нашла воплощение в ряде масштабных проектов (олимпиада в Сочи).

При создании автоматической системы мониторинга необходимо контролировать наклон, вибрации и напряжённо-деформированное состояние конструкций сооружения. Результаты измерений должны передаваться на станцию (компьютер), анализироваться, протоколироваться,

сохраняться в памяти, воспроизводиться на экране монитора компьютера, отображалось в реальном масштабе времени. При возникновении наклонов и деформаций приближающихся к опасным значениям система должна включать систему оповещения, звуковую, световую и передавать эти сигналы в службы, несущие ответственность за безопасность.

Перечисленные задачи взяты за основу при выполнении данной выпускной квалификационной работы.

## **2.1. Контроль измерения пространственных характеристик объекта и структурной целостности конструкции**

Структурная схема станции приведена на рисунке 5.

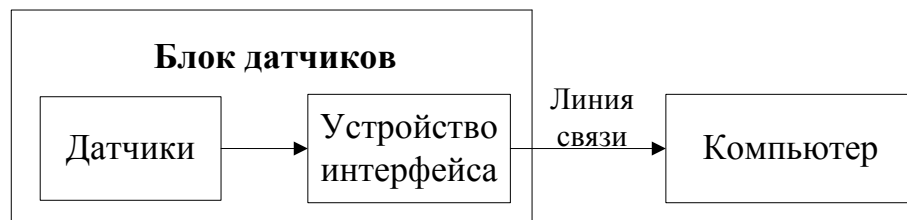


Рисунок 5- Структурная схема станции

### **2.1.1. Выбор чувствительных элементов, преобразователей и компьютера для обеспечения мониторинга зданий в соответствии с техническим заданием**

#### **Акселерометр**

Для контроля технического пространственного состояния зданий применяется акселерометр [9], измеряющий проекции кажущегося ускорения и представляющий собой массу, подвешенную на упругом подвесе (рис. 6).

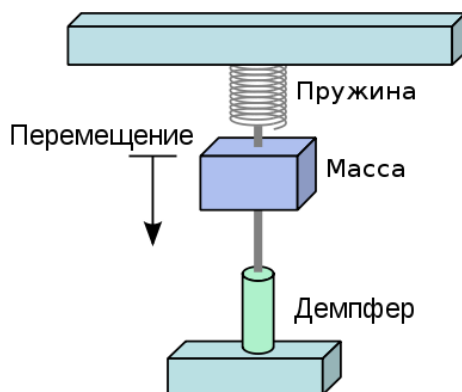


Рисунок 6 - Схема простейшего акселерометра

### **Гироскоп**

Кроме акселерометра можно применить гироскоп, измеряющий угловую скорость вращения.

Он понадобится для решения задачи навигации или определения угла наклона.

### **Датчик температуры**

Для контроля температурной среды (жидкость, газ, твердая поверхность) используются датчик температура. Можно выделить на основные типы: кремниевые датчики температуры, жидкостные и газовые термометры, термисторы, термометры сопротивления, биметаллические датчики, термоиндикаторы, термопары, инфракрасные датчики температуры.

В настоящее время для решения многих задач стали применять микроэлектромеханические системы (МЭМС). В одном корпусе интегрируются акселерометр, гироскоп и температурный датчик. МЭМС является устройством микросистемой техники, выполняющийся по технологии объёмной микромеханики и сформированный путём локального вытравливания подложки, легирования, нанесения на неё материала и т. д. Часто изготавливаются из кремния с малым размером (от 1 микрона до нескольких миллиметров), в зависимости от области применения, мощности, наличия встроенной схемы количества элементов и обработки.

Использование МЭМС имеет основные преимущества: высокая функциональность, миниатюрность, надёжность, возможность интеграции электроники с оптическими, механическими и прочими узлами, малое энергопотребление, в пределах одной партии изделий малый разброс параметров, низкая стоимость, высокая повторяемость и технологичность.

В данной работе выбран модуль GY-521[10]. Модуль GY-521 создан на микросхеме MPU6050, состоящая 3-осевого гироскопа и акселерометра на три координаты и температурного датчика. На плате модуля GY-521 размещены электрические элементы (резисторы, конденсатор, стабилизатор



напряжения и т.д.) Обмен данными управления осуществляется по шине ИС (I2C).

Согласно [11] акселерометр использует отдельные массы для каждой оси. Ускорение вдоль определенной оси вызывает соответствующее смещение массы, и емкостные датчики обнаруживают это смещение. Когда устройство помещается на плоскую поверхность, она будет измерять 0g на X и Y оси и 1g на Z-оси. Шкала акселерометра откалибрована на заводе-изготовителе и является номинально независимой от напряжения питания. Полный диапазон шкалы цифрового выхода можно регулировать в пределах  $\pm 2g$ ,  $\pm 4g$ ,  $\pm 8g$ , или  $\pm 16g$ .

Согласно [11,12, 13, 14] MPU-6050 построен с использованием трех независимых вибрационных гироскопов МЭМС, которые обнаруживают вращение вокруг осей X, Y и Z. Когда гироскопы поворачиваются вокруг любой оси, эффект Кориолиса вызывает вибрацию, которая обнаруживается с помощью емкостных датчиков.

Кроме того, что дополнительные функции включают встроенный температурный датчик, определяющий изменение факта температуры.

Корпус MPU-6050 приведен в рисунке 7.

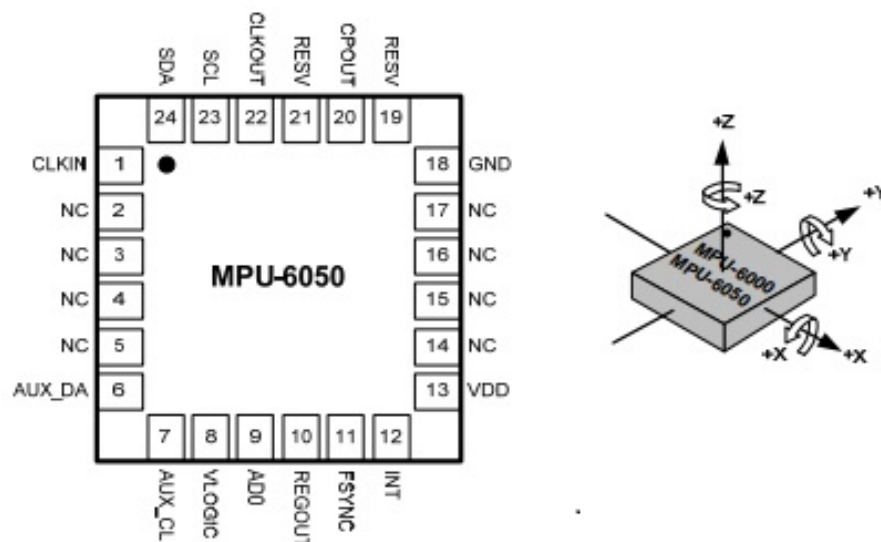
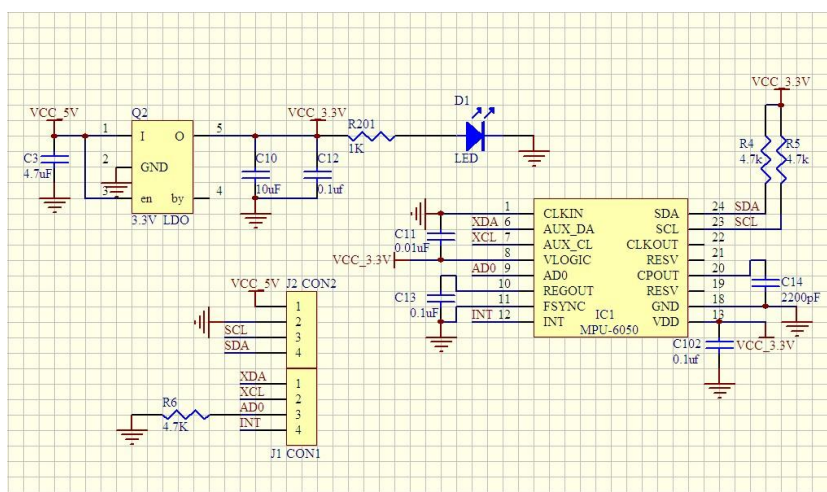



Рисунок 7- Микросхемы MPU-6050

8.



Технические характеристики модуля GY-521 показаны в таблице 6.

### Таблица 6- Технические характеристики модуля GY-521

	Микросхема	MPU-6050
	Напряжение питания модуля	от 3,3V до 5V (DC)
	Акселерометр диапазона	$\pm 2 \pm 4 \pm 8 \pm 16g$
	Гироскоп диапазона	$\pm 250 \ 500 \ 1000 \ 2000^\circ / c$
	Связь с контроллером	ИС (I2C)
	Размеры модуля	15x20 мм
	Вес модуля	5 грамм

## Магнитометр

Выбран модуль GY-271 на микросхеме HMC5883L[15].  
Принципиальная схема работы показана в рисунке 9.

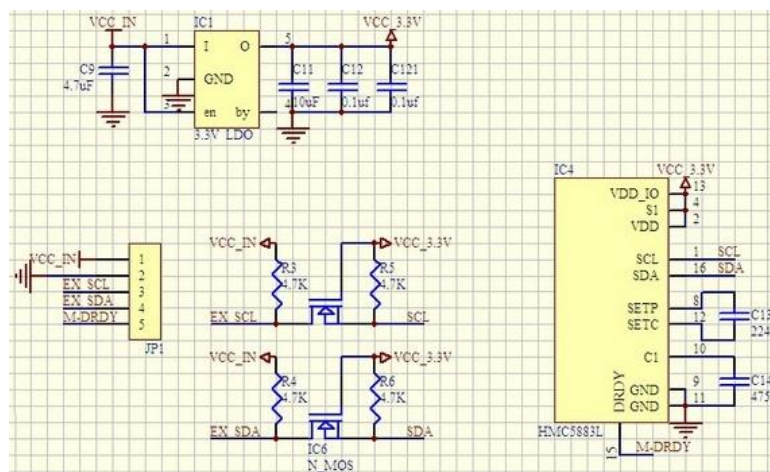
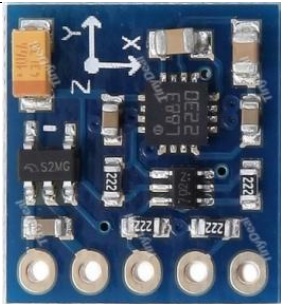


Рисунок 9- Принципиальная схема модуля GY-271 на микросхеме HMC5883L

Технические характеристики модуля GY-521 показаны в таблице 7.

Таблица 7- Технические характеристики модуля GY-271

	Микросхема	HMC5883L
	Напряжение питания	от 3V до 5V (DC)
	Ток	2,5 мА
	Количество осей	3
	магниторезистивного сенсора	
	Интенсивность магнитного поля	+/-8 Гаусса
	Точность	1~2 град
	Частота обновления данных	160 Гц
	Интерфейс	I2C

### Adruino Uno R3

Для подключения датчиков и компьютера применяется устройство интерфейса и в данной работе используется программируемый контроллер ArduinoUno R3 (рис. 10) [16,17].



Рисунок 10- Программируемый контроллер ArduinoUno R3

Для обеспечения обработки и передачи сигнала применен персональный компьютер (ПК можно выбрать LenovoG510 IntelCorei7 [18] или любой компьютер).

### 2.1.2. Схема подключения модуля GY-521 к контроллеру ArduinoUno R3

Для решения поставленной задачи используются выходы акселерометра 1 (VCC, GND, SCL и SDA), которые подключены ко входу устройства Arduino 2 (VCC, GND, A4 и A5) и магнитометра 3 (VCC, GND, SCL и SDA), которые подключены ко входу устройства Arduino 2 (VCC, GND, SCL и SDA). Устройство Arduino подключено к компьютеру 4 с помощью кабеля (рис. 11).

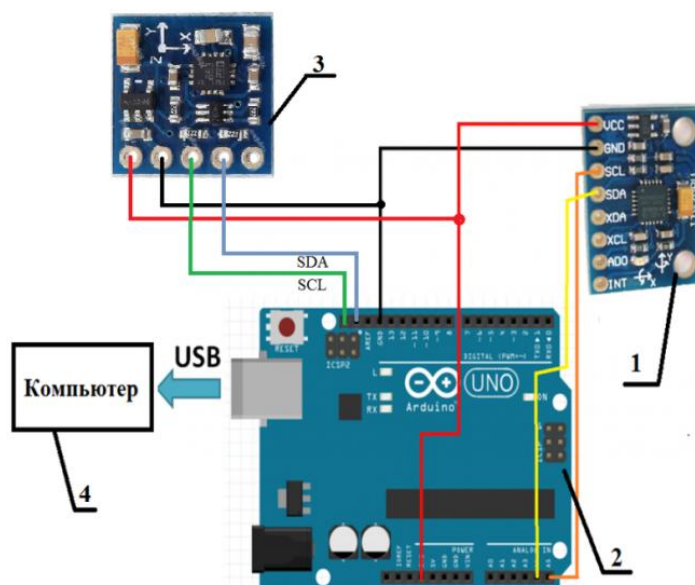


Рисунок 11- Схема подключения модуля GY-521 и GY- 271 к контроллеру Arduino Uno R3: 1 - модуль GY-521; 2- Arduino Uno R3; 1 - модуль GY-521; 3- магнитометр и 4- компьютер

## 2.2. Мониторинг напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов зданий и сооружений

### 2.2.1. Система контроля изгиба балки

Для создания макета применен датчик изгиба 2.2" [19]. При деформации конструкции, на которую наклеен датчик изгиба, возникает изменение сопротивления датчика и, соответственно выходного напряжения. Датчик изгиба 2.2" применяется для измерения смещения объекта, в робототехнике, в играх (Virtual Motion), медицинском оборудовании, музыкальных инструментах.

Значение сопротивления датчика изгиба 2.2" изменяется в конкретном диапазоне в зависимости от уровня изгиба (деформации) элементов конструкции. Схема включения датчика изгиба в систему измерения приведена на (рис. 12).

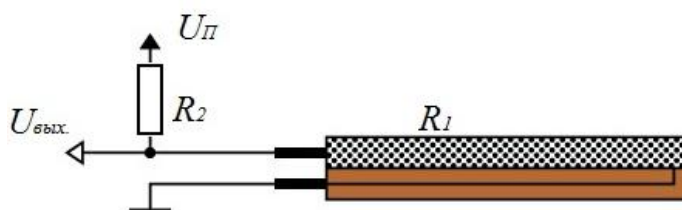


Рисунок 12- Схема включения датчика

Принципиальная схема макетного образца системы контроля деформаций показана в рисунке 13.

Датчик изгиба [20, 21] наклеивается на контролируемый элемент конструкции. Один вывод датчика изгиба подключен к питанию 5В, через резистор 2 соединен с «землёй», а второй выход датчика на плате Arduino. Выход датчика подключен к входу платы A0 Arduino 3, который предает сигнал в ноутбук 4 [22]. Компьютер обрабатывает программу LabVIEW.

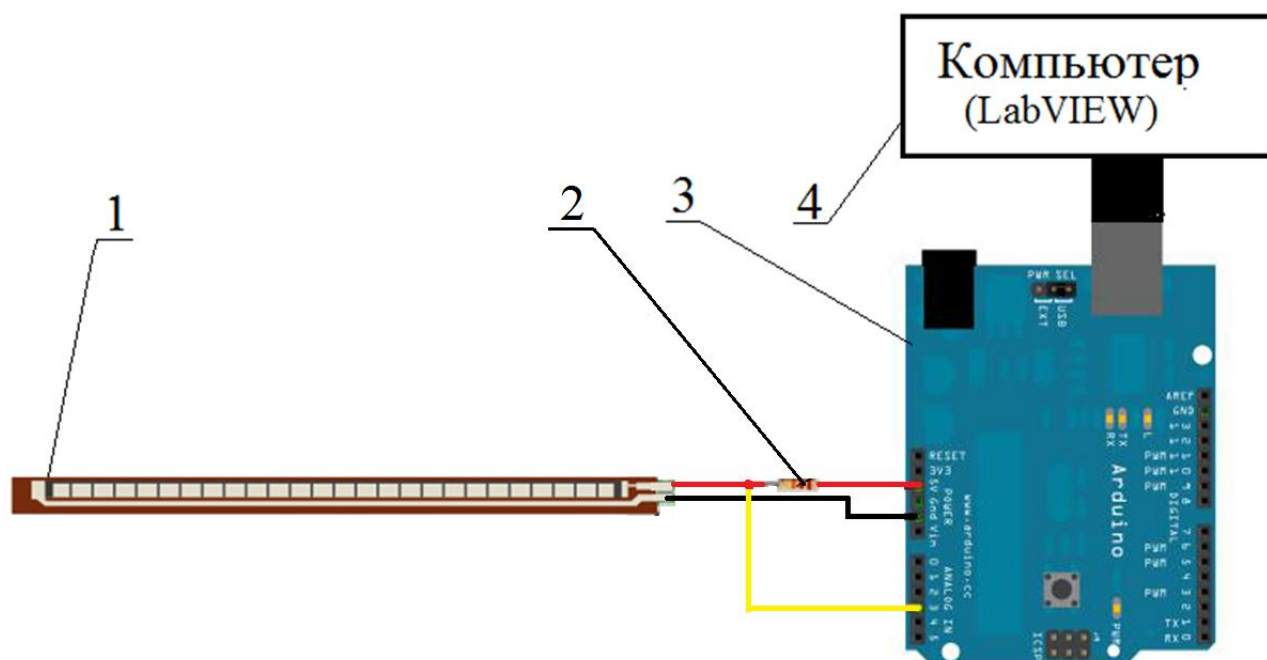


Рисунок 13- Принципиальная схема системы контроля деформаций

1- датчик изгиба; 2- резистор; 3- Arduino Uno R3; 4- компьютер

### 2.2.2. Система контроля деформаций балки

Для контроля деформаций в поверхности конструкций элементов (балка) применяется тензометрический преобразователь. Принцип работы датчика основан на явлении тензоэффекта, изменяющий сопротивление проводника в соответствии с измерением геометрических размеров. Каждый датчик имеет коэффициент тензочувствительности, определяющий отношение относительного изменения сопротивления к относительному изменению длины проводника тензодатчика.

В данной работе используется тензорезистор ФКПА-1-100 (фаловые с базой 100 мм). Целью является контроль балки, которая сделана из металла (сталь).

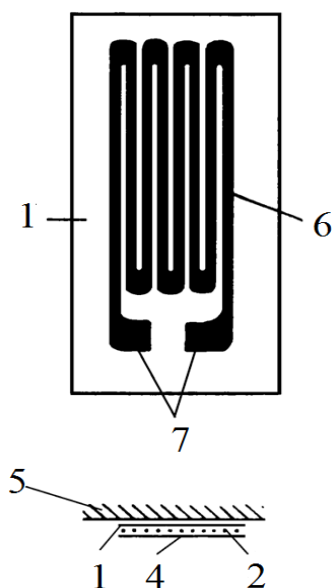
Таблица 8- Техническая характеристика тензорезистор ФКПА-1-100

Модель	Тип	Относительная деформация $\Delta l/l$ в %	Тензочувствительность S	Рабочий ток I, мА	Размеры, мм	
					Длина	Ширина
ФКПА (Россия)	Фольговый	0,2	3	30	11	5



Техническая характеристика тензорезисторного чувствительного элемента показана в таблице 8.

На тонкую бумагу или пленку 1 наклеивается тензочувствительная



проволока диаметром около 0,025 мм. К концам проволоки присоединяются выводные проводники 3. Сверху наносят слой лака 4 будучи прикрепленным к тензодетали 5, воспринимает деформации её поверхностного слоя. Такой фольговый слой является травленной фольгой толщиной 0,005-0,025 мм с выводами 7 (рис. 14).

Принципиальная схема системы контроля деформаций наблюдается в рисунке 15.

Рисунок 14 - Фольговый тензорезисторы

Тензодатчик 1 наклеивается на поверхности балки 2, которая заземлена на стройке 3. Один вывод тензодатчика подключен к питанию 5В, а второй выход тензодатчика, через резистор 4 соединен с «землём» на плате Arduino 5. Выход датчика подключен к входу платы A0 Arduino 5 (или любой вход аналог), который предаёт сигнал в ноутбук 6. Компьютер обрабатывает программу LabVIEW.

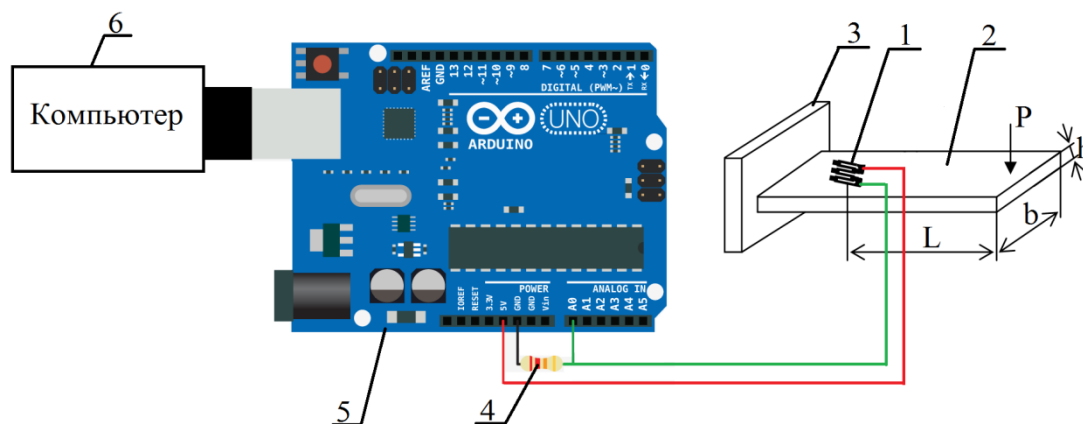


Рисунок 15 - Принципиальная схема системы контроля деформаций:

1- тензодатчик; 2- балка; 3- настройка; 4- резистор; 5- Arduino Uno R3; 6- компьютер

### 3.3. Макетный образец системы контроля деформаций элементов конструкций зданий и сооружений

#### 3.3.1. Анализ алгоритма измерений деформаций изгиба балки

Схема включения датчика изгиба в систему измерения приведена на (рис. 12). Выходное напряжение определяется по формуле

$$U_{\text{вых.}} = \frac{U_{\Pi}}{R_1 + R_2} \cdot R_1 \Rightarrow R_1 = \frac{U_{\text{вых.}} \cdot R_2}{U_{\text{вых.}} - U_{\Pi}}, \quad (45)$$

где  $U_{\Pi}$  - напряжение питания, В;  $R_1$  - сопротивление датчика,  $\Omega$ ;  $R_2$  - сопротивление резистора,  $\Omega$ .

Таким образом, при действии внешней силы на балке, измеряющее выходное напряжение и его разность соответствует сопротивлению.

$$P \rightarrow \Delta R \rightarrow U \rightarrow \Delta U$$

Алгоритм измерения изгиба элемента конструкции представлен на рисунке 29.

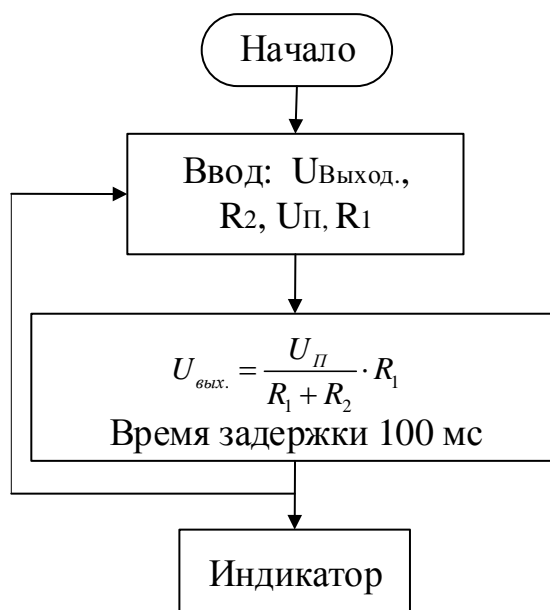


Рисунок 29 - Алгоритм измерения изгиба элемента конструкции

#### 3.3.2. Экран показаний тензодатчика

Результаты измерений показаны на рисунке 30. Значение угла наклона балки сравниваются с допустимыми значениями и если его значения превышают допустимые, то включается световая сигнализация на мониторе компьютера.



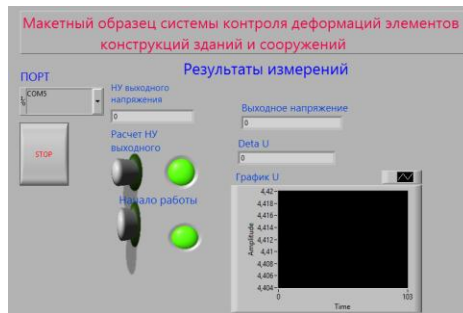


Рисунок 30- Экран результатов измерений тензодатчика

### 3.4. Система проверки стрелы прогиба балки

#### 3.4.1. Анализ алгоритма измерений деформаций балки

Статическая характеристика тензорезистора линейна при упругой деформации, когда  $K = \text{постоянно}$ .

$$\Delta R = f(\Delta l) = K \frac{R}{l} \Delta l; \gamma_R = f(\Delta l) = K \cdot \gamma_l, \quad (46)$$

где  $K$ - коэффициента чувствительности.

При измерении сосредоточенной силы  $F$  консольная балка является упругим механическим преобразователем.

$$\Delta l = f(F) = \frac{6 \cdot l^2 \cdot F}{E \cdot b \cdot h^2}, \quad (47)$$

где  $\Delta l$  - абсолютная линейная деформация поверхности балка в точке измерения, см;

$F$  - сосредоточенная сила - нагрузка балки, кг;

$l$  - длина участка балки между точкой приложения нагрузки и точкой измерения, см;

$h$  - толщина балки, см;

$b$  - ширина балки, см;

$E$  - модуль упругости материала балки, кг/см<sup>2</sup>.

Тарировку тензопреобразователя осуществляем по формуле [33].

$$\gamma_R = f(F) = K \frac{6 \cdot l \cdot F}{E \cdot b \cdot h^2}, \quad (48)$$

Выходное напряжение  $U_{\text{Вых.}}$  определяем по формуле

$$U_{\text{Вых.}} = U_{\text{пит}} \frac{R}{R_1 + R} \Rightarrow R = \frac{U_{\text{пит}} - U_{\text{Вых.}}}{U_{\text{Вых.}}} \cdot R_1, \quad (49)$$

где  $U_{\text{пит}}$  - напряжение питания, В;

$R_1$  - сопротивление резистора,  $\Omega$ ;

$R$  - номинальное сопротивление датчика,  $\Omega$ ;

Деформации балки можно применять

$$\Delta l = \frac{\Delta R}{R} \cdot \frac{1}{K}, \quad (50)$$

Или

$$\Delta l = \frac{1}{K \cdot R} \cdot R_1 \cdot \left( \frac{U_{\text{пит}}}{U_{\text{Вых1.}}} - \frac{U_{\text{пит}}}{U_{\text{Вых2.}}} \right) = \frac{1}{K \cdot R} \cdot R_1 \cdot U_{\text{пит}} \cdot \left( \frac{1}{U_{\text{Вых1.}}} - \frac{1}{U_{\text{Вых2.}}} \right), \quad (51)$$

$U_{\text{Вых1.}}$  - напряжение датчика при номинальном сопротивлении, В;

$U_{\text{Вых2.}}$  - напряжение датчика при наличии нагрузки, В

Алгоритм преобразования можно представить схемой  
 $P \rightarrow \Delta R \rightarrow \Delta l \rightarrow U \rightarrow \Delta U$

Алгоритм измерения стрелы прогиба (деформации) элемента конструкции приведен на рисунке 31.

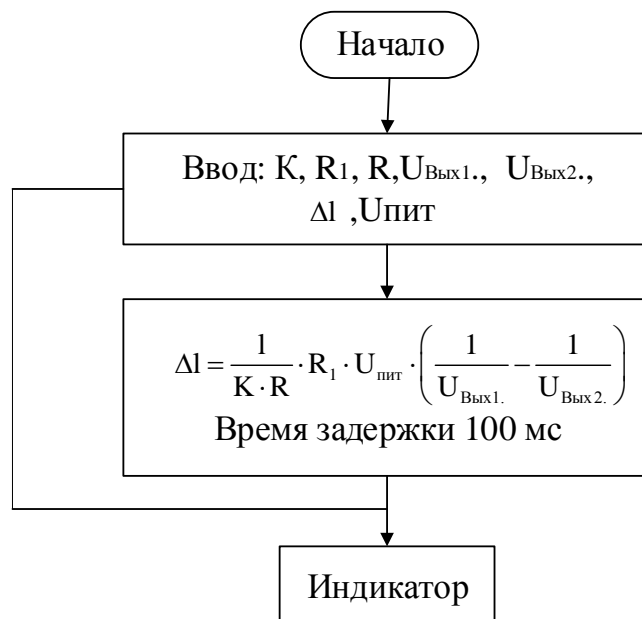


Рисунок 31- Алгоритм измерения стрелы прогиба (деформации) элемента конструкции

### 3.4.2. Разработка экрана показаний тензорезистора

Результатов измерений наблюдаются на экране (рис. 32).

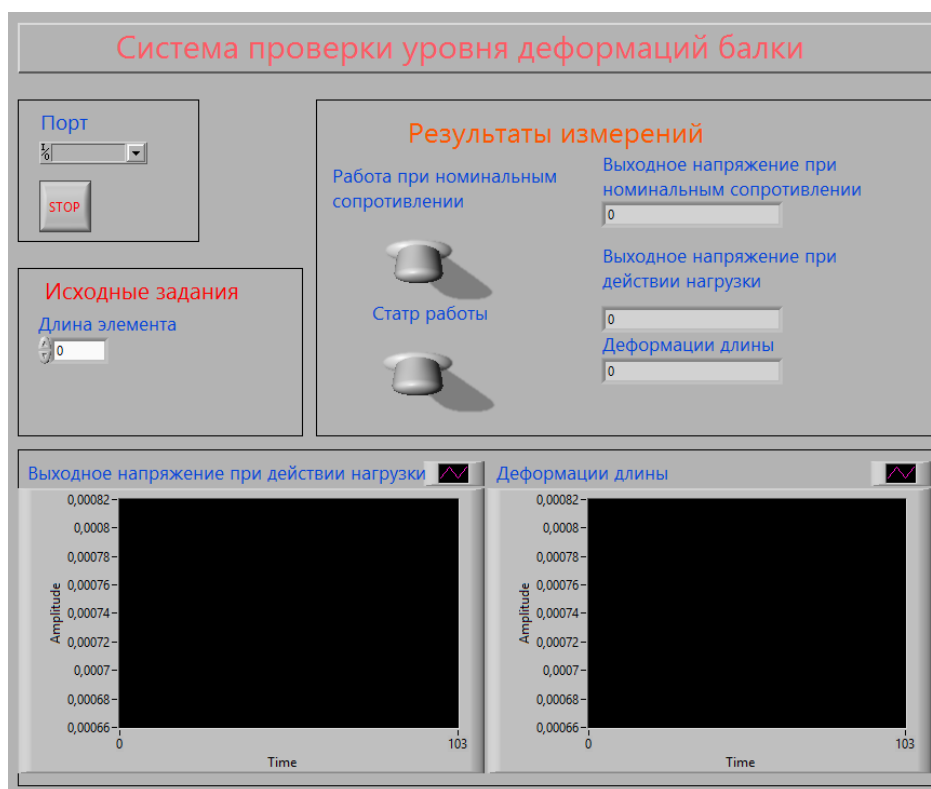


Рисунок 32- Экран результатов измерений тензорезистора

## ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАКЕТНОГО ОБАЗЦА СИСТЕМЫ

### 4.2. Результаты контроля деформаций макета консольной балки из стеклотекстолита

Для экспериментальной проверки работы системы контроля деформаций конструкции применен макет консольной балки из стеклотекстолита размером 154 x 39,45 x 3,12 мм.

Общий вид макетного образца системы контроля приведен на рисунке 36.

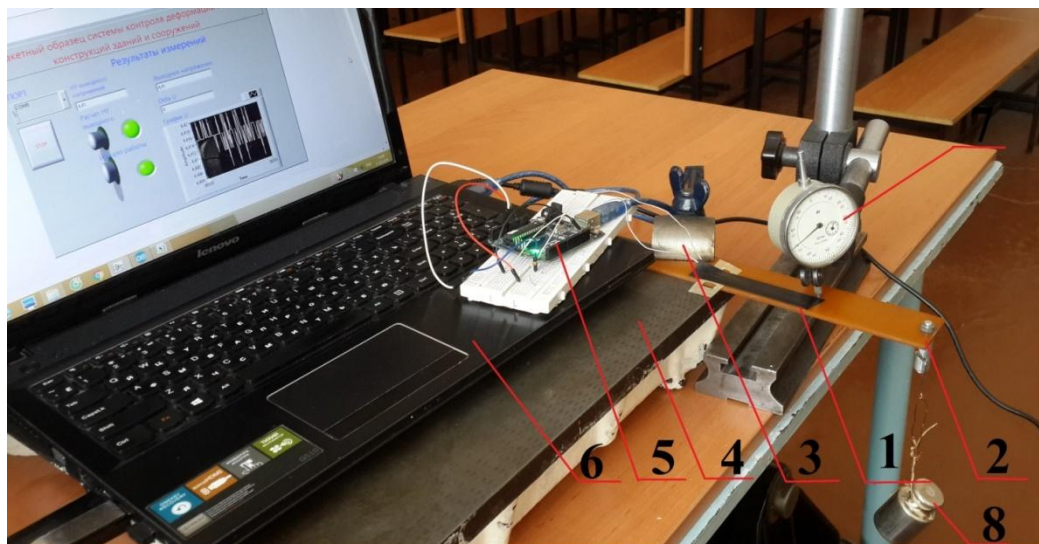


Рисунок 36- Общий вид макетного образца системы контроля:  
 1 – тензодатчик, 2- консольная балка (стеклотекстолит), 3 - зажим, 4 – плита поверочная, чугунная, 5- плата Arduino, 6 - компьютер, 7- индикатор часового типа, 8- нагрузка.

Результаты измерений показаны на рисунке 37.

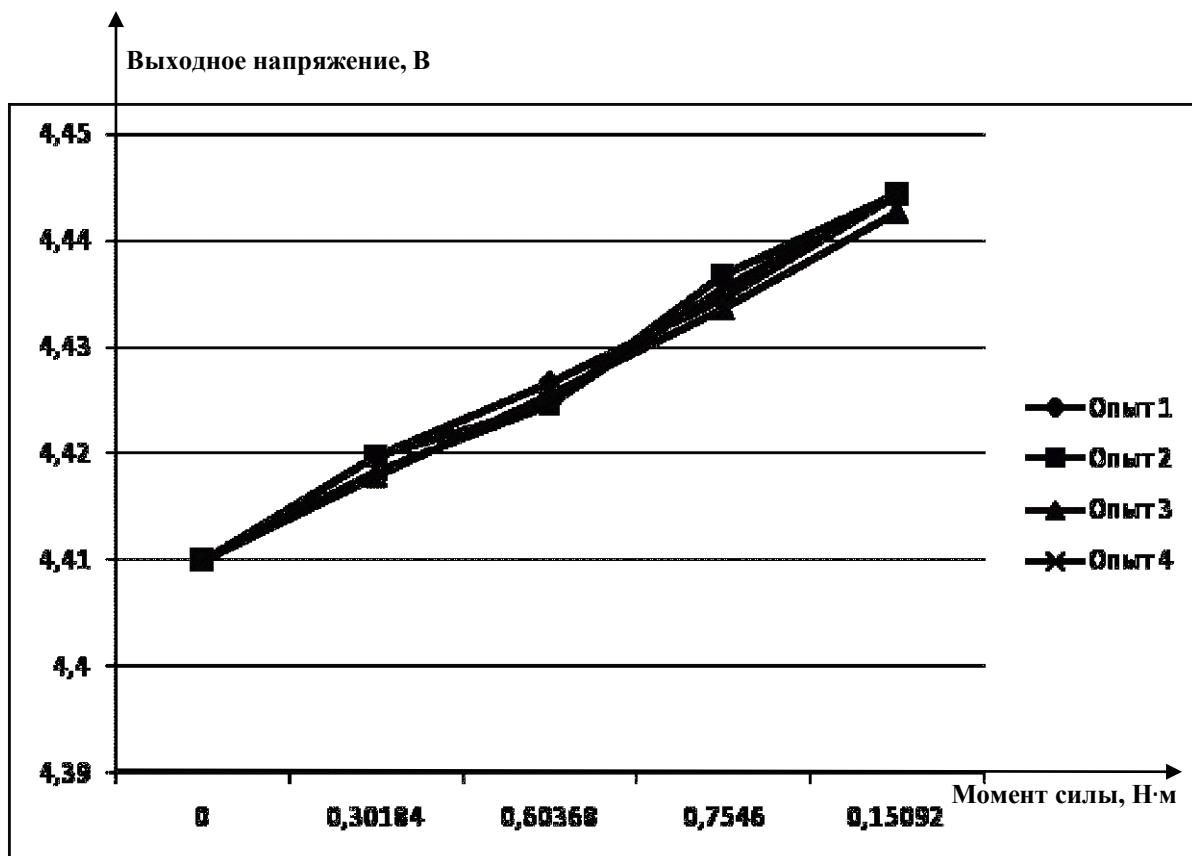


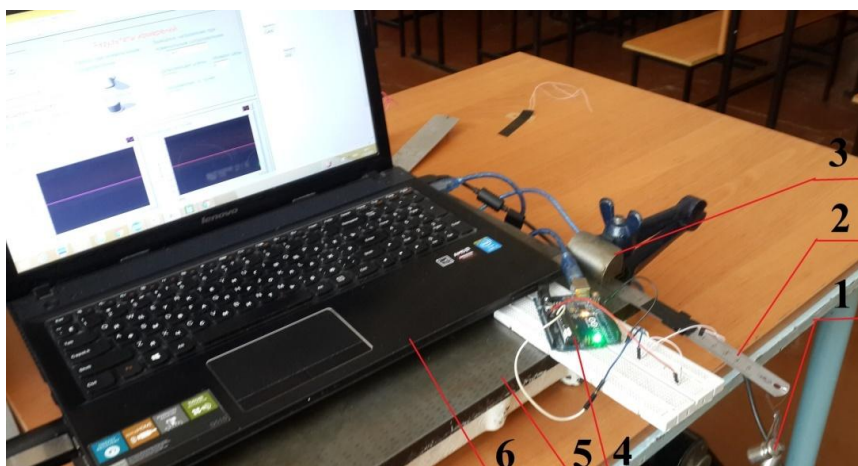
Рисунок 37 - Зависимость выходного напряжения с тензодатчика от нагрузки

**Вывод:** Результаты экспериментальных исследований макетного образца системы контроля деформаций показывают, что разработанная

система обеспечивает измерение деформаций элементов конструкции, передачу и хранение информации на компьютере. Для создания полномасштабной системы мониторинга напряженно-деформированного состояния особо нагруженных элементов конструкций сооружений необходим подбор и монтаж соответствующих тензодатчиков.

#### **4.3. Результаты проверки уровня деформаций**

Тензорезистор закреплен на стальной балке, размер 120х 18,6 х 0,53мм. Общий вид макетного образца системы контроля приведен на рисунке 38.



Рисунка 38 - Общий вид макетного образца системы контроля:  
1 - нагрузка, 2- стальная балка с тензорезисторой, 3 - зажим, 4- плата Arduino, 5 - плита чугунная, 6 - компьютер

Зависимость деформации стальной балки от нагрузки приведена на рисунке 39.

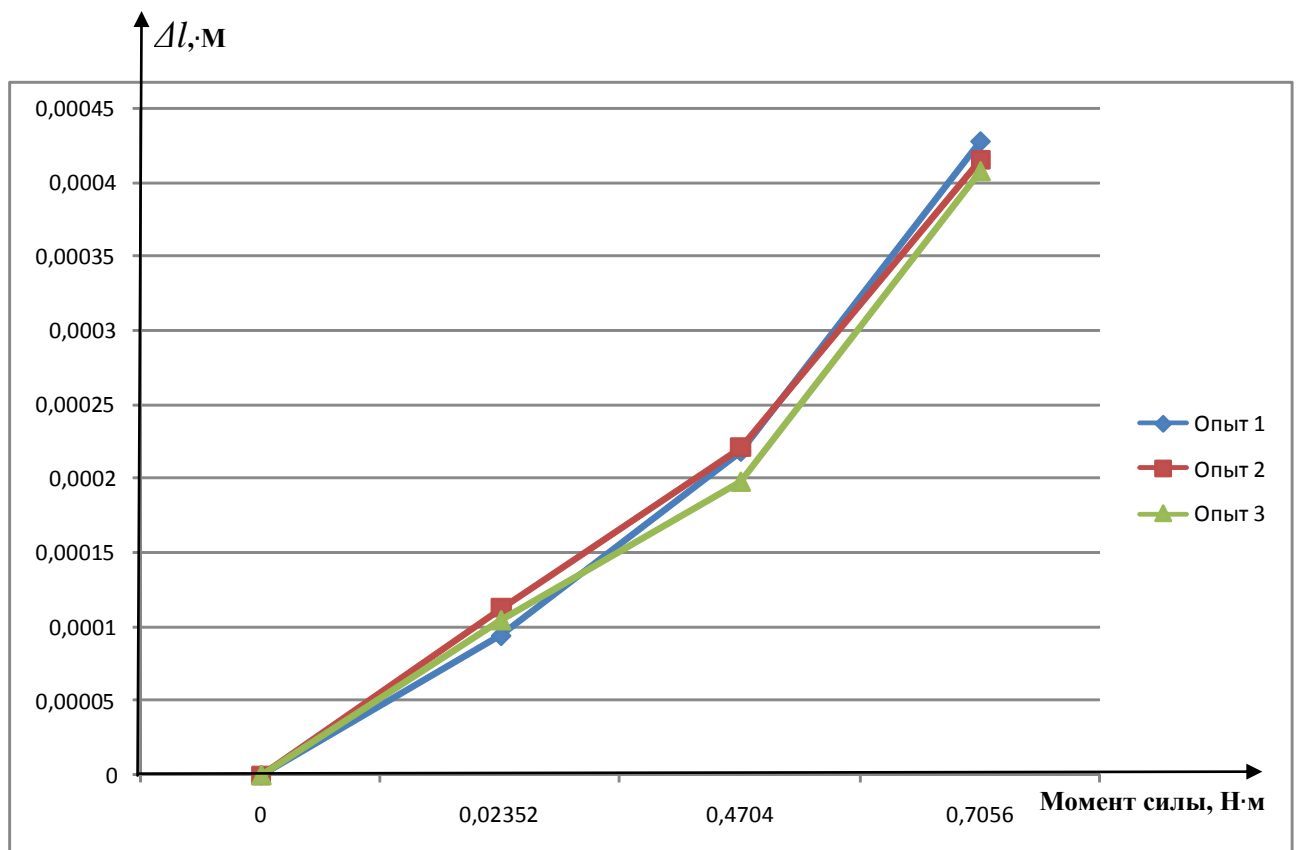


Рисунок 39 - Зависимость стрелы прогиба консольной балки от нагрузки

**Вывод:** Результаты экспериментальных исследований макета подтвердили работоспособность созданной системы контроля.

## ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ И МЕТОДЫ ЕЁ УМЕНЬШЕНИЯ

Для измерения углов наклона и вибраций нами используется акселерометр, гироскоп и магнетометр [35, 36]. В данном разделе оценим погрешность чувствительных элементов.

### 5.1. Типы ошибок МЭМС

Сигналы МЭМС можно представить

$$y(t) = u(t) + e(t) + b(T) + N(a, w, T, t), \quad (52)$$

где  $t$ - время,  $T$ - температура,  $a/w$ - реальные кинетические величины, измеряющие датчики,  $y(t)$  - выходные сигналы датчиков,  $u(t)$  - информации составляющая сигнала,  $b(T)$  - уход показаний, зависающий от температуры окружающей среды,  $N(a, w, T, t)$  - ошибки вызваны условия среды,  $e(t)$  - шумовые компоненты зависит от времени(  $b(T)$  - отклонение обычно постоянно).

Описание факторов влияния на выходные сигналы МЭМС ниже:

**Шум квантования:** В преобразователе АЦП обусловлено дискретной значения датчиков. Частота дискретизации и разрешающая датчиков влияют на результатах выходных сигналов.

**Случайное блуждание (дрейф) угла:** основная шумовая компонента в выходных данных MEMS. Представляет собой компоненту аддитивного белого шума, проявляется в отклонении значений от ожидаемых случайным образом; влияет на результат интегрирования (для преобразования измеряемой датчиком угловой скорости в угол поворота).

**Фликкер - шум или нестабильность смещения нуля:** в электронных устройствах датчиков возникает случайное значение "мерцанию", называется розовым шумом. В низкой частоте: увеличение частоты, мощность шума равномерно убывает. В высокой частоте: шума перекрывается белым шумом.

**Случайное блуждание скорости (дрейф):** возникает в больших промежутках времени работы датчиков и влияние условий среды (шум обусловлен изменением температуры).

**Мультипликативная систематическая погрешность** представляет собой детерминированное отклонение показаний датчика на значительных промежутках времени, причина шума: стабильность источника питания, стационарность датчика, стабильность температуры.

**Синусоидальный шум:** при действии порождаемых вибраций МЭМС возникающий этот шум.

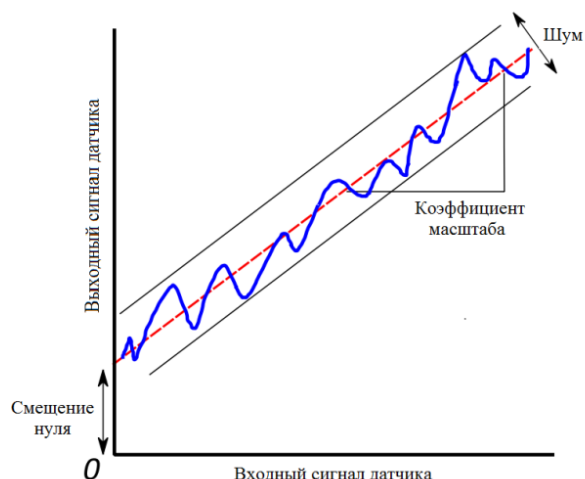
## **5.2. Метод уменьшения погрешности МЭМС**

Повышение точности и стабильности измерительных сигналов инерциальных датчиков является актуальной проблемой для приборов и систем ориентации, стабилизации и навигации. Для обеспечения точности измерений применяют различные методы обработки сигнала с датчиков.

### **5.2.1. Метод уменьшения смещения нуля и шума модуля MPU-6050**

Погрешность датчика составит из смещения нуля, ошибки коэффициента масштаба и шума (рис. 40) [35].

Для уменьшения ошибок нужна калибровка датчика и фильтрация измерительного сигнала.



За

Рисунок 40 - Общий вид  
выходного сигнала MPU-6050

было получено по 100 значений сигналов с гироскопа и акселерометра датчика MPU-6050 и определены средние значения измерительных сигналов с этих датчиков. Вычитая среднее значение измерительного сигнала из фактического значения можно получить значение смещения нуля характеристики. Это значение является смещением нуля сигналов гироскопа и акселерометра модуля MPU. Для уменьшения шумов можно использовать фильтр низких частот. Результаты экспериментальных исследований датчиков модуля MPU- 6050 показаны на рисунках 42 и 43.

Экспериментальный образец инерциальной системы ориентации (ИСО) (рис. 41) построен на базе модуля MPU- 6050 (1), модуля HMC5883L (2) и arduino uno R3.

В процессе экспериментальных исследований ИСО, она была выставлена в плоскость горизонта. В определенный интервал времени

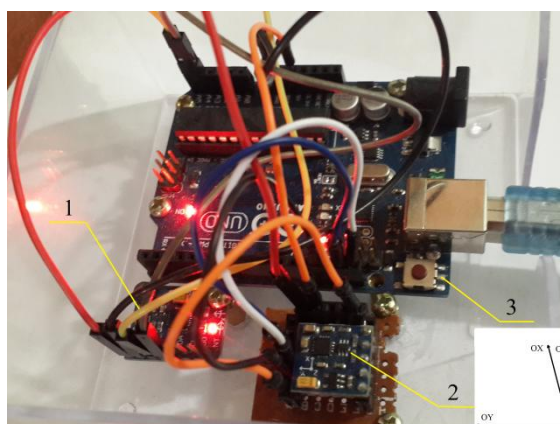
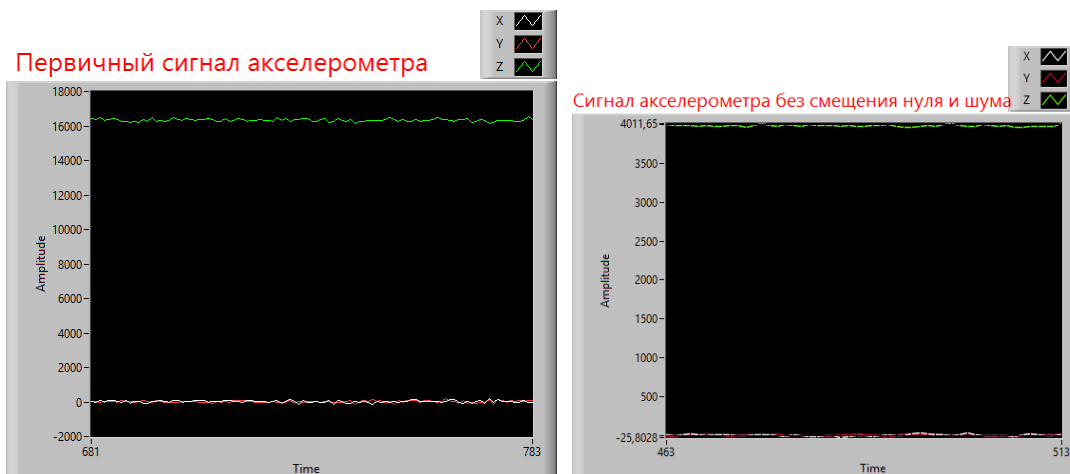


Рисунок 41- Экспериментальный образец инерциальной системы ориентации:

1- модуль MPU- 6050 , 2- модуль HMC5883L и 3- arduino uno R3

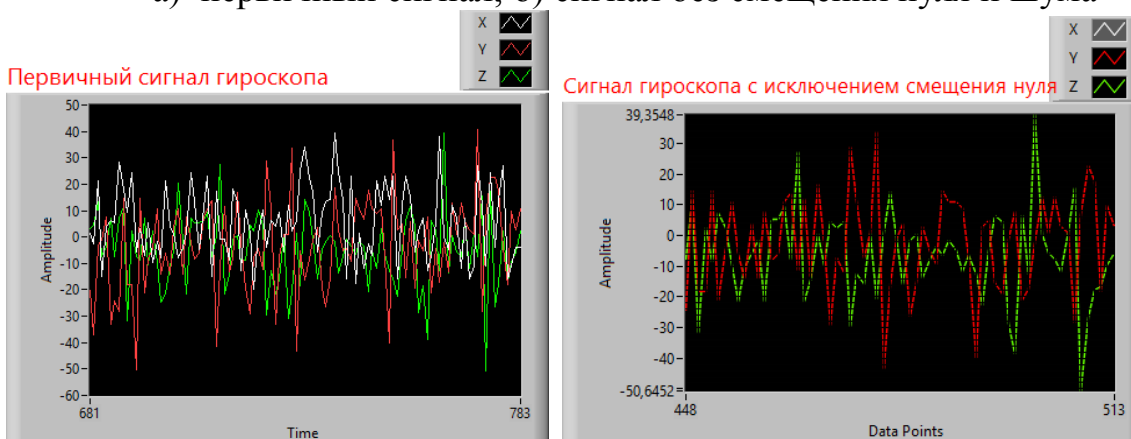




а)

б)

Рисунок 42- Сигналы акселерометров модуля MPU- 6050:  
а) первичный сигнал; б) сигнал без смещения нуля и шума



а)

б)

Рисунок 43 - Сигналы с гироскопов модуля MPU- 6050:  
а) первичный сигнал; б) сигнал с исключением смещения нуля и шума.

### 5.2.2. Метод уменьшения модуля HMC5883L

Для калибровки магнитометра применена программа мастера [36]. Магнитометр закрепил на грани куба. Грань куба с магнитометром может быть установлена перпендикулярно к каждой оси трехгранника OXYZ. (рис. 44). После установки магнитометра в позицию 1 нажать кнопку, соответствующую этому направлению на экране монитора (рис. 45). Прodelать эту операцию для всех остальных позиций до позиции 12 включительно. После заполнения всех окон таблицы нажать кнопку "Рассчитать преобразования" и получить требуемую матрицу и смещения (рис.45).

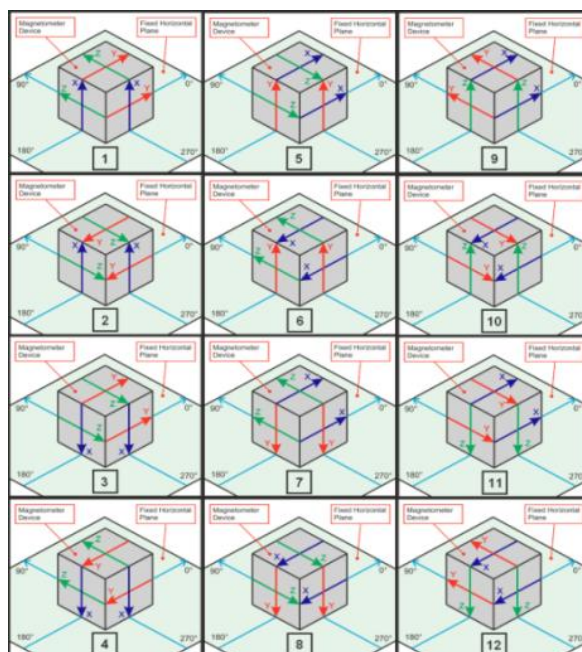


Рисунок 44 - Ориентация магнитометра относительно опорной системы координат:  
1,2,3....12 позиции ориентации

Рисунок 45 - Таблица для определения значений матрицы и смещения нуля магнитометра

Обработка результатов измерений магнитометра осуществляется по выражению

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X_{nc} \\ Y_{nc} \\ Z_{nc} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{bmatrix}, \quad (53)$$

где  $X_c$ ,  $Y_c$ ,  $Z_c$  - значение сигналов магнитометра по осям X,Y,Z после калибровки;

$M_{11}, \dots, M_{33}$  - значения элементов матрицы;

$X_{nc}$ ,  $Y_{nc}$ ,  $Z_{nc}$  - значение сигналов магнитометра без калибровки;

$B_x$ ,  $B_y$ ,  $B_z$  - значения смещения сигнала магнитометра;

Результаты расчета сигнала магнитометра показаны на рисунке 46.

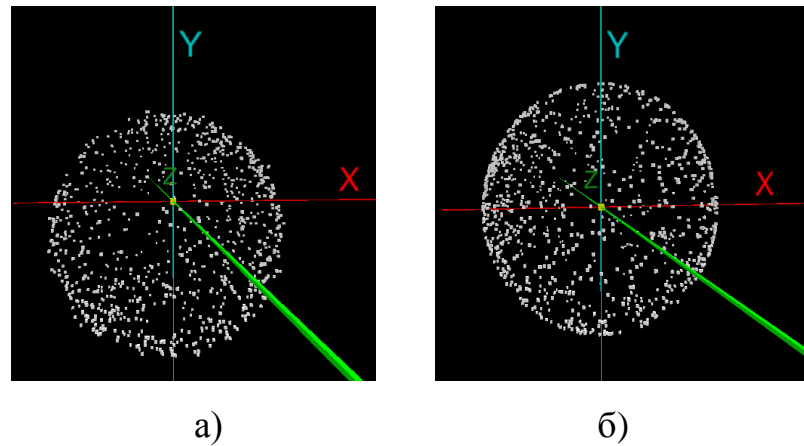


Рисунок 46 - Результаты значения магнитометра:  
а) до калибровки; б) после калибровки

**Вывод:** В результате проведенных исследований экспериментального образца инерциальной системы ориентации применены методики, которые позволили устранить смещение нуля и уменьшить шум измерительной характеристики модуля гироскопа и акселерометра MPU- 6050 и устранить смещение нуля магнитометра HMC5883L.

## ГЛАВА 7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ [41]

### 7.1. Предпроектный анализ

#### 7.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: Система мониторинга напряженно-деформаций конструкций в строительных зданиях и сооружениях.

Целевой рынок: лабораторная работа, университеты исследуют пособие науки в отрасли обучения и в области строительства.

Распределение продажи продукты по виду представлено в рисунке 59

		По системе мониторинга															
		Система тревоги				Электронная система мониторинга				Электромеханическая система мониторинга				Автоматическая система мониторинга			
Потребители	Крупные																
	Средние																
	Мелкие																

Рисунке 59 - Карта сегментирования рынка услуг по системе мониторинга

|||| Компании «Tieto Oskari Oy»;

==== Фирма РКК;

\\\\ Компании ЗАО "ЗИПО".

Из приведённой на рисунке 59 карты сегментирования можно сделать следующие выводы:

1) основными сегментами рынка являются использование системы мониторинга напряженно-деформаций конструкций в строительных зданиях и сооружений .

2) необходимо использовать системы для потребителя применения в строительстве.

3) в будущем возможно использовать автоматическую систему и систему тревоги для всех потребителей.

### 7.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Данный анализ проводился при помощи оценочной карты (рис. 1), выбраны системы мониторинга фирмы РКК и компании «Tieto Oskari OY» с нашей системой для сравнения параметров, приведенной в таблице 14. Для этого в качестве конкурентных систем мониторинга.

Таблица 14 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
3. Надежность	0,25	5	4	4	1,75	1,0	1,0
4. Простота эксплуатации	0,07	5	5	4	0,35	0,35	0,28
5. Качество интеллектуального интерфейса	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	4	4	4	0,08	0,08	0,08
3. Цена	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	5	5	0,3	0,3	0,3
5. Послепродажное обслуживание	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24

6. Финансирование научной разработки	0,04	5	4	3	0,2	0,16	0,12
7. Срок выхода на рынок	0,03	5	4	5	0,15	0,12	0,15
8. Наличие сертификации разработки	0,04	4	4	4	0,16	0,16	0,16
<b>Итого</b>	<b>1</b>				5,38	4,12	8,06

Основываясь на знаниях о конкурентах, можно сделать вывод:

1. При результатах технических характеристиках в таблице 13 самая сильная конкурентность является системой мониторинга компании «Tieto Oskari Oy».

2. В изготовление предлагаемой нашей системы мониторинга имеет меньшую себестоимость, чем у конкурентов. Следовательно, цена рекомендуемого продукта будет ниже.

3. Слабость конкурентности связана с высоким системы мониторинга фирмы РКК.

### **7.1.3. FAST-анализ**

В данной исследован функционально-стоимостный анализ, выбран метод и объект связующие с затратами, выполнены заданные функций. Следовательно построение функционально- стоимостной диаграммы и оптимизация функций выполняемых системы мониторинга.

Для решения задачи рассмотрены функция выполняемых следующих стадий.

**Стадия 1:** Выбор объекта FAST-анализа является системой мониторинга напряженно- деформаций конструкций в строительных зданий и сооружений.

**Стадия 2:** В этой выполняться разные функции, которые необходимо соответствующих целей ВКР.

Главная функция системы представляет автоматическую работу и можете рассмотреть процесс деформаций конструкций зданий. С целью

созданы системы тревоги мониторинга звуковых сигнализаций и информации о наклоне угла, вибраций и напряжений конструкций зданий.

Основная функция является обеспечивающие деятельности работы, соединение модуля и безопасность .

Вспомогательная внутренняя функция способствующую реализации основных функций содержит программы обеспечения и устройство интерфейса, условия для выполнения работы.

Все информации функций показаны в таблице 15.

Таблица 15 - Классификация функций, выполняемых системы исследования

Наименование элементов	Количество элементов	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Модуль 521	1	Обеспечивает сигнал акселерометра и гироскопа	х		
Модуль 271	1	Обеспечивает сигнал магнитометра	х		
Arduino Uno R3	1	Обеспечение передачи сигнала		х	
Корпус	1	Защита элементов во внутренним корпусе			х
Крышка	1	Защита элементов во внутренним корпусе			х
Винт	32	Для закрепления			х
Стойка	16	Для закрепления			х
Настойка	2	Для закрепления			х

**Стадия 3:** Определение значимости выполняемых функций системы.

На первом этапе необходимо построить матрицу смежности функции, которые наблюдаются в таблице 16.

Таблица 16 - Матрица смежности

	Модуль 521	Модуль 271	Arduino Uno R3	Корпус	Крышка	Винт	Стойка	Настойка
Модуль 521	=	=	>	>	>	>	>	>
Модуль 271	=	=	>	>	>	>	>	>
Arduino Uno R3	<	<	=	>	>	>	>	>
Корпус	<	<	<	=	=	>	>	>
Крышка	<	<	<	=	=	>	>	>
Винт	<	<	<	<	<	=	=	>
Стойка	<	<	<	<	<	=	=	>
Настойка	<	<	<	<	<	<	<	=

Второй этап связан в преобразованием матрицы смежности в матрицу количественных соотношений функций, которые представляет в таблице 17.

Таблица 17 - Матрица количественных соотношений функций

	Модуль 521	Модуль 271	Arduino Uno R3	Корпус	Крышка	Винт	Стойка	Настойка	Итого
Модуль 521	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	11
Модуль 271	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	11
Arduino Uno R3	0,5	0,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	9,5
Корпус	0,5	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	1,5	8
Крышка	0,5	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	1,5	8
Винт	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1,5	6
Стойка	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1,5	6
Настойка	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	4,5
									64

В рамках третьего этапа происходит определение значимости функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функция. Результат анализ показан в таблице 18.

Таблице 18 - Оценка баллов элементов

	Модуль 521	Модуль 271	Arduino Uno R3	Корпус	Крышка	Винт	Стойка	Настойка	Итого
Итого	11	11	9,5	8	8	6	6	4,5	$\sum 64$
Баллов	0,1719	0,1719	0,1484	0,125	0,125	0,094	0,094	0,070	1

**Стадия 4:** Анализ стоимости функций, выполняемых системы исследования.



Задача данной стадии заключается в том, что с помощью специальных методов оценить уровень затрат на выполнение каждой функции. Сделать это возможно с помощью применения нормативного метода. Расчет стоимости функций приведен в таблице 19.

Таблица 19 - Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование элементов	Количество элементов	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-ч	Стоимость материала, руб.	Себестоимость, руб.
Модуль 521	1	Обеспечивает сигнал акселерометра и гироскопа	0,005	—	440	440
Модуль 271	1	Обеспечивает сигнал магнитометра	0,003	—	380	380
Arduino Uno R3	1	Обеспечение передачи сигнала	0,025	—	580	580
Корпус	1	Защита элементов во внутреннем корпусе	—	150	200	350
Крышка	1	Защита элементов во внутреннем корпусе	—	120	150	270
Винт	32	Для закрепления	—	—	96	96
Стойка	16	Для закрепления	—	—	212	212
Настойка	2	Для закрепления	—	30	100	130
						$\Sigma$ 2458

Таким образом, происходит соответствующие баллы, полученного по себестоимости. Результат анализ показан в таблице 20.

Таблице 20 - Оценка баллов элементов по себестоимости

	Модуль 521	Модуль 271	Arduino Uno R3	Корпус	Крышка	Винт	Стойка	Настойка	Итого
Итого	440	380	580	350	270	96	212	130	$\Sigma$ 2458
Баллов	0,1790	0,1546	0,2360	0,1424	0,1098	0,0391	0,086	0,0529	1

**Стадия 5:** Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ. На данном этапе обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы (ФСД), которая наблюдается на рисунке 60.

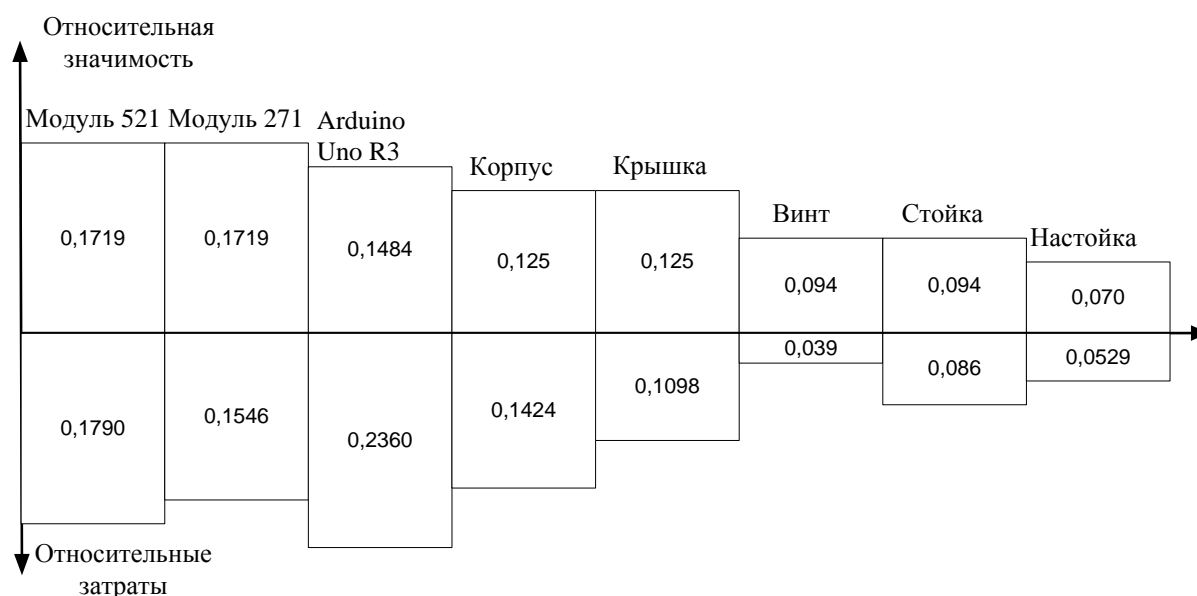


Рисунок 60 - Функционально-стоимостная диаграмма

**Стадия 6:** В этой оптимизация функций выполняемых систем является следующие:

- Можно применение метода проекта создания корпуса, крышки и другие деталей;
- Требование изготовления точной функций корпуса и стойки для уменьшения количества или устранения детали настройки;
- Для обеспечения технических параметров требования применения технологии в процессе изготовления(3Д принтера или использования станки);
- В процессе сборки и регулярности можно одновременно выполняться;
- Для уменьшения затрата и повышения качества необходимо выбора элементов с высокими и единичных сборки;

#### 7.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для оценки степени ее готовности к коммерциализации и уровня собственных знаний для ее проведения, их показатели показаны в таблице 21.

Таблица 21 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации.

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	3	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	4
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	3
10.	Разработана стратегия (форма)		

	реализации научной разработки	2	2
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	4
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	49	50

По результате в таблице 21 сумма баллов находится в диапазоне от 45 до 59 и значит что, готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации является перспективностью выше среднего.

#### **7.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

В данной выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах:

1) Торговля патентными лицензиями;

Для обеспечения патентной защиты, владелец имеет исключительное право стиль использовать, передавать или переуступать право использовать свое изобретение, любой третьей стороной использовать патент без

разрешения владельца будет рассматриваться как нарушение прав владельца и будут обрабатываться в соответствии с законом.

## 2) Передача ноу-хау;

Для наших товаров может расшиваться в разных рынках и мы можем получить дополнительные затраты. Если не большие ресурс. то такой метод обычно применяется в коммерциализации.

## 3) Организация собственного предприятия.

Если в будущем времени предприятие имеет обеспеченные ресурсы, мы можем самостоятельно выполнять процесс изготовления и продать товары в потребленном рынке.

## 7.2. Инициация проекта

### 7.2.1. Цели и результат проекта

Таблица 22 - Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
Научное сообщество (лаборатории, научно-исследовательские центры, занимающиеся фундаментальными)	Результаты фундаментальных исследований, полученных при выполнении работы
Продолжение таблицы	
Прикладными исследованиями в области строительных зданий и сооружений	
Выбор либо организации : Студия Компас электронное издательство; ФГУП «НИЦ Строительство»; ГОССТРОЙНАДЗОР г. Москвы; ОАО Центральным научно-исследовательским и проектно-экспериментальным институтом промышленных зданий и сооружений	Повышение точности и скорости измерения деформаций конструкций зданий с меньшими погрешностями.

(ЦНИИпромзданий).	
Компании «Tieto Oskari Oy»"	Появление конкуренции на рынке

Таблица 23 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование рынка и определение порядка выполнения проекта.
Ожидаемые результаты проекта:	Получение фундаментальных исследований при выполнении работы; Повышение качества и точности прибора измерения.
Критерии приемки результата проекта:	Определение способности конкуренции на рынке.
Требования к результату проекта:	Создан прибор с точностями, меньшими погрешностями, надежностью, соответствующей ценой, обеспеченными качествами и способностью конкуренций.

## 7.2. 2. Организационная структура проекта

Таблица 24 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Гормаков А. Н., к. т.н. каф. ТПС, ИНК, ТПУ	Руководитель	Создание проекта	
	Выонг С. Ч., студент каф. ТПС, ИНК, ТПУ	Выполнимый проект		
2.	каф. ТПС, ИНК, ТПУ	Заказчик проекта	Применение проекта	
3.	Гормаков А. Н., к. т.н. каф. ТПС, ИНК, ТПУ	Руководитель	Эксперт проекта	
	Выонг С. Ч., студент каф. ТПС, ИНК, ТПУ	Выполнимый проект		
4.	Гормаков А. Н., к. т.н. каф. ТПС, ИНК, ТПУ	Руководитель	Исполнитель по проекту	
	Выонг С. Ч., студент каф. ТПС, ИНК, ТПУ	Выполнимый проект		
5.			Субподрядчики	

### 7.2.3. Ограничения и допущения проекта

Таблица 25 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	
1. Источник финансирования	Большинство студентов
Сроки проекта:	
1. Дата утверждения плана управления проектом	1/1/2016
2. Дата завершения проекта	30/5/2016
Прочие ограничения и допущения	

## 7.3. Планирование управления научно-техническим проектом

### 7.3.1. Иерархическая структура работ проекта

На рисунке 61 представлена иерархическая структура работы по проекту.



Рисунка 61 - Шаблон иерархической структуры работ по проекту

### 7.3.2. Контрольные события проекта

В рамках данного раздела были определены ключевые события проекта, их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты (Таблица 26).

Таблица 26 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Инициация проектом	01.01.16	Техническое задание, календарный план
2	Формирование требований к проекту	11.01.16	Патентный поиск, исходные данные к работе
3	Разработка	26.01.16	Отчеты НИР, структурная и принципиальная схема, математическое моделирование и расчеты
4	Интеграция и тестирование	07.04.16	Данные и расчеты, итоги проекта, диссертация

### 6.3.3. План проекта

Продолжительность выполнения этапов этих работ перечена в таблицу 27

Таблица 27 - Календарный план проекта

№ Раб.	Основные этапы	Наименование работ	Дни рабочей	Дата начала работ	Дата окончания работ	Исполнитель
1	Подготовительный	Постановка задачи и целей, получение исходных данных к выполнению	2 2	01.01.2016	10.01.2016	Руководитель Студент
2		Составление и утверждение ТЗ, подбор и получение материалов по тематике	1 2	11.01.2016	13.01.2016	Руководитель Студент
3		Анализ области применения	1 2	14.01.2016	17.01.2016	Руководитель Студент
4		Основные шаги выполнения и обсуждение литературы	2 4	18.01.2016	25.01.2016	Руководитель Студент



5	Проектирование	Создание модели	3	26.01.2016	31.01.2016	Студент
6		Выбор метод для расчётов	10	01.02.2016	15.02.2016	Студент
7		Выбор алгоритмов расчёта	1 3	16.02.2016	20.02.2016	Руководитель Студент
8		Выбор прикладных программ для расчёта	1 2	21.02.2016	24.02.2016	Руководитель Студент
9		Разработка диаграммы классов	3	25.02.2016	28.02.2016	Студент
10		Разработка расчёты	4	01.03.2016	07.03.2016	Студент
11		Программирование	4 20	08.03.2016	06.04.2016	Руководитель Студент
12	Изготовление и испытание макета (опытного образца)	Конструирование и изготовление макета (опытного образца) и сборки	5 13	07.04.2016	22.04.2016	Руководитель Студент
13		Лабораторные испытания макета	2 5	23.04.2016	30.04.2016	Руководитель Студент
14	Оформление документации и подготовка отчета	Оформление пояснительной записки и подготовка	10 20	01.05.2016	30.05.2016	Руководитель Студент

В таблице 27 мы рассмотрим в конкретном диапазоне календаря, в причём определение сколько дни студентов и руководителя работают (дни рабочих).


График строится в виде таблицы 28 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта.

Таблица 28 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
				Январь			февр.			март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Постановка задачи и целей,	Р	2,456															

	получение исходных данных к выполнению	C	2,456														
2	Составление и утверждение ТЗ, подбор и получение материалов по тематике	P	1,228														
		C	2,456														
3	Анализ области применения	P	1,228														
		C	2,456														
4	Основные шаги выполнения и обсуждение литературы	P	2,456														
		C	4,912														
5	Создание модели	C	3,864														
6	Выбор метод для расчётов	C	12,28														
7	Выбор алгоритмов расчёта	P	1,228														
		C	3,864														
8	Выбор прикладных программ для расчёта	P	1,228														
		C	2,456														
9	Разработка диаграммы классов	C	3,864														
10	Разработка расчёты	C	4,912														
11	Программирование	P	4,912														
		C	24,56														
12	Конструирование и изготовление макета (опытного образца) и сборки	P	6,14														
		C	15,964														
13	Лабораторные испытания макета	P	2,456														
		C	6,14														
14	Оформление пояснительной записки и подготовка	P	12,28														
		C	24,56														

 Р- Руководитель

 С- Студент

### Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (67)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (68)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году (В ТПУ суббота- обычный день);

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

$$K_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{пр}} - T_{\text{вых}}} = \frac{366}{366 - 16 - 52} = 1,228$$

#### 7.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

## Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

Таблицу 29 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед.,руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Модуль 521	Шт	1	440	440
Модуль 271	Шт	1	380	380
Arduino Uno R3	Шт	1	580	580
Корпус	Шт	1	350	350
Крышка	Шт	1	270	270
Винт	Шт	32	3	96
Стойка	Шт	16	13,25	212
Настойка	Шт	2	65	130
Всего за материалы				2458
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				98,32
Итого				2556,32

## Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 30 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	Компьютер	1	45	45

2	Тестер	1	1	1
3	Клеевой пистолет	1	0.2	0,2
4	паяльник	1	0.5	0.5
Всего за специальное оборудование				46700
Монтажу в размере 15% от его цены				7005
Итого:				46707,005

### Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$C_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (69)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $З_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия(при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (70)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (71)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (72)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 31- Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	16	16
Потери рабочего времени		

- отпуск	24	48
- невыходы по болезни	0	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	274	250

Таблица 32 - Заработная плата

Исполнители	Разряд	$k_t$	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель			27484,86	0.3	0.3	1,3	57168.508	2656,79	29	77046,91
Студент			6342,03			1,3	8244.639	239,84	93	22305,12
Итого $Z_{осн}$										99352,03

### Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (73)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таблица 33 - Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Исп.
Основная зарплата	99352,03
Дополнительная зарплата	11922,24
Итого по статье $C_{зп}$	111274,27

### Отчисления на социальные нужды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (111274,27) = 30155,33 \quad (74)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

#### **Расчет затрат на научные и производственные командировки**

В процессе изготовления систем мониторинга не необходимо командировки, поэтому затрат на научные и производственные командировки равен нулю.

#### **Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями**

В нашем проекте не больше другие участвуют, поэтому контрагентные расходы не прочитать.

#### **Накладные расходы**

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (75)$$

где:  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 80-100%.

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{нр}} = 0,8 \cdot (111274,27) = 89019,42$$

#### **Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 34.

Таблица 34 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	2556,32	Таблица 16



2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	46707,005	Таблица 17
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	99352,03	Таблица 19
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11922,24	Таблица 20
5. Отчисления во внебюджетные фонды	30155,33	Формула 8
6. Затраты на научные и производственные командировки	0	Раздел: Расчет затрат на научные и производственные командировки
7. Контрагентские расходы	0	Раздел: Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями
8. Накладные расходы	89019,42	Формула 9

#### **7.4. Определение ресурсной (ресурсосбегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

В работе задача выполняется по заданному требованию и не был рассмотрен другой вариант разработки объекта исследования, поэтому не можем сравнить и сделать вывод о эффективности варианта решения с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Для ознакомления с методом определения ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования были проведены расчеты всех коэффициентов разработки.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (76)$$

где:  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{89019,42}{89019,42} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (77)$$

где:  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a$ ,  $b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 35).

Таблица 35 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,25	5
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5
3. Помехоустойчивость	0,15	5
4. Энергосбережение	0,15	5
5. Надежность	0,25	5
6. Материалоемкость	0,1	4
ИТОГО	1	4,8

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 = 4,9, \quad (78)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}} = \frac{4,9}{1} = 4,9, \quad (79)$$

### Список публикаций студента

1. Выонг Суан Чьен - Прибор и датчик для системы мониторинга зданий и сооружений в сейсмических районах/ VII Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум» - 2015.
2. Выонг Суан Чьен - Orientation and Navigation Device in Ancient Time/ Космическое приборостроение: сборник научных трудов III Всероссийского форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 413 с.
3. Выонг Суан Чьен - Система сигнализации неподвижного состояния наблюдаемого/ VII Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум» - 2016.
4. Выонг Суан Чьен - Экспериментальные исследования макета прибора для контроля наклона высотных зданий/ НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ: сборник научных трудов IX Всероссийская научная конференция молодых ученых 01 – 05 декабря 2015 года, г. Новосибирск. / Новосибирский государственный технический университет (НГТУ). - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. - Часть 1.
5. Выонг Суан Чьен - Макетный образец системы контроля деформаций элементов конструкций зданий и сооружений/ Инженерия для освоения космоса : сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного Форума с международным участием. Том 2 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 196 с.
6. Выонг Суан Чьен - Сигнализатор неподвижного состояния спасателя МЧС / Инженерия для освоения космоса: сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного Форума с международным участием. Том 2

/ Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 196 с.

7. Вьонг Суан Чьен - Об уменьшении погрешности инерциальных датчиков на основе модулей MPU6050 и HMC5883L /сборник научных трудов VI Всероссийская научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность»/ Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016 – принято к печати.